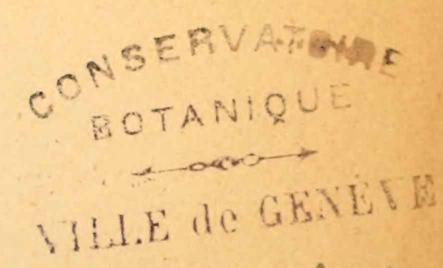

R.W. Gibson Inv



ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES



GENÈVE. — IMPRIMERIE RAMBOZ ET SCHUCHARDT

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ET

REVUE SUISSE

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

NOUVELLE PÉRIODE

TOME VINGT-HUITIÈME

GENÈVE

BUREAU DES ARCHIVES, RUE DE L'HÔTEL-DE-VILLE, 6

LAUSANNE
GEORGES BRIDEL

NEUCHATEL
DELACHAUX ET SANDOZ

1867

SUR QUELQUES FLUOSELS

DE L'ANTIMOINE ET DE L'ARSENIC

PAR

M. C. MARIGNAC

Mes recherches sur les fluorures de niobium et de tantale m'ayant conduit à admettre que ces composés renferment cinq atomes de fluor, il m'a paru intéressant d'étudier les combinaisons analogues que doivent pouvoir former l'antimoine et l'arsenic. J'avais espéré rencontrer dans ces combinaisons des relations d'isomorphisme qui auraient apporté un nouvel appui à la théorie que j'ai exposée sur la constitution des composés niobiques et tantaliques.

Cet espoir ne s'est pas réalisé. Je n'ai rencontré dans l'étude de ces sels aucun cas d'isomorphisme avec les fluoniobates ou les fluotantalates. La question, toutefois, ne me paraît pas résolue d'une manière certaine; en effet, les fluantimoniates et les fluarséniates cristallisent mal, à cause de leur grande solubilité, en sorte qu'après un grand nombre d'essais, restés en grande partie sans résultats, je n'ai pu obtenir qu'un nombre de sels cristallisés trop restreint pour pouvoir généraliser la conclusion tirée de l'absence d'isomorphisme avec les combinaisons correspondantes du niobium et du tantale. D'ailleurs, il faut bien reconnaître que les propriétés de ces deux derniers éléments les éloignent considérablement de l'antimoine et de l'arsenic, en sorte que, malgré l'analogie de constitu-

tion atomique de leurs principales combinaisons, l'isomorphisme de ces combinaisons pouvait être considéré comme possible, mais n'offrait peut-être pas une grande probabilité. On pourrait citer bien des exemples de combinaisons dont l'analogie de composition n'est pas mise en doute, et dans lesquelles cependant les relations d'isomorphisme ne paraissent pas exister, ou du moins ne se sont pas manifestées. Ainsi, je ne crois pas qu'on les ait observées entre les arséniates et les antimoniates.

Malgré le résultat, négatif à ce point de vue, de ces recherches, je pense qu'il ne sera pas sans intérêt de les rapporter ici pour établir l'existence et la constitution de ces deux classes de composés qui n'avaient pas encore été étudiés.

Fluantimoniates.

Berzélius, dans son Traité de chimie, admet l'existence de trois fluorures d'antimoine, correspondant aux trois composés oxygénés de ce métal; mais il se borne à annoncer qu'ils sont solubles dans l'eau et susceptibles de se combiner avec les fluorures basiques. Il ne paraît point avoir fait une étude spéciale de ces combinaisons.

Un seul chimiste, à ma connaissance, s'en est occupé. M. Flückiger a publié [1], sur les fluosels de l'antimoine, un mémoire dans lequel il donne une description très-complète du fluorure antimonieux et de ses combinaisons avec les fluorures basiques. Je n'ai qu'un reproche à lui faire, à propos de cet intéressant travail, c'est d'avoir donné à ces combinaisons le nom de *fluorantimoniates*, nom

[1] Thèse, *Heidelberg*, 1852. Par extrait, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, tome LXXXIV, p. 248.

évidemment impropre et donnant une fausse idée de leur composition, et qui doit être remplacé par celui de *fluorantimonites* ou *fluantimonites*.

M. Flückiger s'est cru autorisé à leur donner ce nom, parce que, suivant lui, et contrairement à l'assertion de Berzélius, le fluorure antimonique n'existe ni à l'état libre, ni à l'état de combinaison avec les fluorures basiques. Il a essayé de traiter par l'acide fluorhydrique, soit l'acide antimonique seul, soit cet acide en présence de la potasse, et il assure que dans ces circonstances il ne s'est point dissous. J'ai obtenu des résultats bien différents. L'acide antimonique hydraté, et les antimoniates de potasse ou de soude, se dissolvent sans difficulté par l'acide fluorhydrique et donnent ainsi naissance au fluorure antimonique et aux véritables fluantimoniates.

D'où peut provenir l'erreur dans laquelle est tombé ce savant ? Peut-être pourrait-on l'expliquer en supposant qu'il s'est borné à rechercher la présence de l'antimoine dans la dissolution, en y faisant passer un courant d'hydrogène sulfuré, et que, de l'absence de précipité, il a conclu à celle de ce métal. Or, c'est une propriété curieuse des fluantimoniates et du fluorure antimonique, de résister presque complétement à l'action de ce réactif si caractéristique pour les autres combinaisons de l'antimoine. Au bout de vingt-quatre heures, leur dissolution saturée d'hydrogène sulfuré, n'offre encore aucun trouble. Ce n'est qu'après le second jour qu'un léger précipité commence à se manifester, et il ne s'accroît que fort lentement.

Je n'ai pas réussi à obtenir le fluorure antimonique cristallisé. Sa dissolution devient sirupeuse, puis gommeuse, par la concentration dans le vide ; concentrée par

la chaleur, elle se décompose en laissant séparer un dépôt blanc, insoluble, qui est sans doute un oxyfluorure.

Si l'on ajoute de l'ammoniaque, de la potasse ou de la soude à la dissolution acide de ce fluorure, on peut obtenir par l'évaporation de ces dissolutions, mais seulement lorsqu'elles ont atteint un grand degré de concentration, des fluorures doubles cristallisés. Il est assez rare d'en obtenir des cristaux bien déterminés.

Les fluantimoniates sont très-solubles, presque tous même plus ou moins déliquescents, dès que l'air n'est pas très-sec. Leur dissolution n'est troublée ni par les acides, ni par l'hydrogène sulfuré, ni par les alcalis caustiques ou carbonatés; du moins au premier moment. En présence des carbonates alcalins, le précipité se produit au bout de quelque temps, et rapidement si l'on porte à l'ébullition.

A l'état cristallisé, ils peuvent se conserver sans décomposition ; mais leur dissolution exhale l'odeur de l'acide fluorhydrique. Par des dissolutions et évaporations répétées, plusieurs d'entre eux passent à l'état de fluoxyantimoniates.

Je n'ai étudié que les fluantimoniates alcalins. J'ai bien essayé de préparer ceux de zinc et de cuivre, mais ils sont tellement solubles, que je n'ai pu obtenir, par la concentration de leur dissolution, qu'un sirop épais qui se prend ensuite en une masse cristalline visqueuse comme du miel concrété.

Voici la méthode que j'ai suivie pour l'analyse de ces sels :

L'eau, lorsqu'ils en renferment, est déterminée par la calcination avec de l'oxyde de plomb en excès.

Pour doser l'antimoine et le métal alcalin, on décom-

pose le fluosel en le chauffant avec de l'acide sulfurique en excès, jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus d'acide fluorhydrique. Je me suis assuré qu'il ne se volatilise point de fluorure d'antimoine. Le résidu est délayé dans l'eau qui forme une dissolution laiteuse que l'on traite par l'hydrogène sulfuré. Il faut laisser digérer longtemps avec ce réactif, puis laisser l'excès se dégager à une douce chaleur avant que de filtrer. On détermine ensuite par les méthodes connues l'antimoine contenu dans le sulfure précipité, et le sulfate alcalin demeuré dans la dissolution en l'évaporant à siccité et calcinant.

Un dosage, au moins approximatif, du fluor est nécessaire dans la plupart de ces sels, pour distinguer les fluantimoniates et les fluoxyantimoniates. Après divers essais infructueux, je me suis arrêté à la méthode suivante, qui ne donne cependant pas encore, je dois l'avouer, des résultats parfaitement satisfaisants. Pour un gramme de fluosel à analyser, je prends deux grammes de carbonate de chaux pur que je transforme en chaux vive par calcination, et que je fais dissoudre dans l'eau par un courant d'hydrogène sulfuré. La dissolution filtrée de ce sulfhydrate de sulfure de calcium est versée dans la dissolution du fluantimoniate, puis j'ajoute la dissolution d'un gramme de carbonate de potasse pur. Le précipité ainsi formé de fluorure de calcium et de carbonate de chaux, se réunit facilement, surtout si on le laisse digérer quelques heures à chaud, dans un ballon fermé pour éviter l'oxydation du sulfoantimoniate alcalin qui demeure dissous. On peut ensuite le recueillir sur un filtre et le laver complétement. On traite ensuite ce précipité comme l'indique H. Rose dans son traité d'analyse chimique, pour déterminer le poids du fluorure de calcium. La liqueur filtrée peut être

précipitée par un acide et servir ainsi à un nouveau dosage de l'antimoine.

Fluantimoniate monopotassique. Ce sel s'obtient en dissolvant par l'acide fluorhydrique l'antimoniate de potasse gommeux, et concentrant la dissolution. Il se présente sous la forme de lames rhomboïdales très-minces, dont il m'a été impossible de déterminer la forme. Il est très-soluble, mais non déliquescent.

Il ne perd qu'une trace d'eau hygrométrique par la calcination avec l'oxyde de plomb. Sa composition correspond à la formule :

$$Sb\,F^5.\,KF.$$

		Calculé.	Trouvé.
Sb	122	44,36	44,32
K	39	14,18	14,43
6 F	114	41,46	40,83
	275	100,00	

Si l'on ajoute à la dissolution de ce sel un excès de fluorure de potassium, on obtient par cristallisation le sel suivant :

Fluantimoniate bipotassique. Ce sel forme de beaux cristaux, très-éclatants et se conservant bien, à moins que l'air ne soit fort humide. Ils dérivent d'un prisme rhomboïdal oblique MM, largement tronqué sur les arêtes antérieures et postérieures par les faces A, et terminé par le biseau *ee*. On rencontre rarement de petites facettes m, μ, a^2 et α^2 (fig. 1, pl. I). Quelquefois, ils sont mâclés parallèlement à la face A (fig. 2). Souvent aussi, ils le sont suivant une face e (fig. 3).

	Angles calculés.		Observés.
M—M	= 58° 0′	*	58° 0′
M : A	= 119 0		119 0
$e \wedge e$	= 83 16	*	83 16
A : m	= 113 21		113 0
A : e	= 91 0	*	91 0
A : μ	= 68 21		68
A : a^2	= 141 52		141 40
A : α^2	= 39 18		39
m—m	= 93 20		92 50
μ — μ	= 91 59		»
M : m	= 142 25		142 30
M : μ	= 141 52		»
M : e	= 131 28		131 40
M : e'	= 130 11		130 0
a^2 : e	= 115 4		115 50
M : a^2	= 112 55		112 30
a^2 : m	= 133 44		133 30

Angle plan de la base . . . 57° 59′
Inclinaison (P : A) . . . . . 90° 44′

Il fond vers 90° dans son eau de cristallisation, puis se dessèche en la perdant avec dégagement d'acide fluorhydrique. Le produit ne se redissout plus complètement dans l'eau, mais laisse un résidu gommeux, comme l'antimoniate de potasse, mais retenant du fluor.

Son analyse conduit à la formule :

$$SbF^5, 2KF + 2H^2O.$$

		Calculé.		Trouvé.	
Sb	122	33,06	32,95	33,04	33,42
2 K	78	21,14	21,07	20,71	
7 F	133	36,04	34,00		
2 H²O	36	9,76	10,30	10,00	
	369	100			

Fluoxyantimoniate monosodique. Ce sel a été obtenu en

ajoutant du carbonate de soude à une dissolution de fluorure antimonique renfermant un excès d'acide fluorhydrique. Par la concentration de la liqueur, il se sépare en cristaux assez petits. Ce sont des prismes hexagonaux, terminés tantôt par un rhomboèdre très-aigu, tantôt par une pyramide à six pans. Mais il est trop déliquescent pour que j'aie pu en déterminer les angles.

Il est extrêmement soluble dans l'eau, et cristallise de nouveau sans altération.

Sa composition est exprimée par la formule :

$$SbOF^3, NaF + H^2O.$$

		Calculé.	Trouvé.
Sb	122	47,84	47,29
Na	23	9,02	9,07
O	16	6,28	
4F	76	29,80	30,42
H^2O	18	7,06	7,00
	255	100	

Fluantimoniate monosodique. On l'obtient en dissolvant le sel précédent dans l'acide fluorhydrique. Il se dépose par l'évaporation de sa dissolution en cristaux d'apparence cubique, mais jouissant de la double réfraction. Les angles diffèrent à peine de 90 degrés, mais n'ont pu être déterminés exactement, toutes les faces donnant des images multiples. D'ailleurs, ils sont assez déliquescents.

Par la fusion avec de l'oxyde de plomb, il a toujours subi une perte de 1,5 à 2,5 p. 100. Cette perte, n'atteignant pas la proportion qu'exigerait un équivalent d'eau, est probablement due à de l'eau hygrométrique. Dans cette supposition, l'analyse de ce sel conduit à la formule :

SbF^5, NaF.

		Calculé.	Trouvé.	
Sb	122	47,10	46,81	47,85
Na	23	8,88	9,36	
6F	114	44,02	41,26	
	259	100		

Lorsque les cristaux de ce sel sont bien secs, ils se conservent sans altération. Mais lorsqu'ils restent exposés à l'air humide, ils tombent en déliquescence, dégagent de l'acide fluorhydrique et reproduisent, par concentration, le fluoxyantimoniate précédent.

Fluantimoniate monoammonique. Il forme de petits cristaux aciculaires, un peu déliquescents. J'ai cependant pu reconnaître leur forme, qui est celle d'un prisme hexagonal terminé par un rhomboèdre d'environ 96 degrés.

Pour l'analyse de ce sel, j'ai déterminé l'antimoine à l'état d'acide antimonieux, en le décomposant par l'acide sulfurique et calcinant le produit. Le fluor a été dosé par la méthode indiquée plus haut. Enfin, j'ai déterminé la perte qu'il subit par la calcination avec de la chaux vive. Cette perte (11 p. 100), correspondant assez exactement au poids de l'ammoniaque indiqué par la formule, on peut admettre que ce sel ne renferme pas d'eau et que sa composition est exprimée par la formule :

SbF^5, AzH^4F.

		Calculé.	Trouvé.
Sb	122	48,03	48,80
AzH^4	18	7,09	7,61
6F	114	44,88	43,62
	254	100	

En ajoutant à la dissolution de ce sel un excès de fluorure ammonique, on obtient par l'évaporation des cristaux du sel suivant :

Fluantimoniate biammonique. Il cristallise en lames rectangulaires, dérivant d'un prisme rhomboïdal droit, largement tronqué sur les arêtes latérales par les faces E (fig. 4). La plupart des cristaux ne présentent, outre cette large face, que le prisme MM et la base P. On observe cependant quelquefois de petites faces *m*, et des facettes très-minces entre P et E qui n'ont pu être déterminées. Les cristaux sont un peu déliquescents comme ceux du sel précédent.

	Angles calculés.		Observés.
M—M =	91° 0′	*	91° 0′
E : M =	134 30		134 25
M : *m* =	148 25	*	148 25
M : P =	90 0		90 0
m—*m* =	106 41		107 10
E : *m* =	126 40		126 30
m ‿ *m* =	105 10		105 20
P : E =	90 0		90 0

L'eau et l'ammoniaque ont été déterminées par la calcination, soit avec de la chaux vive, soit avec de la magnésie. La perte de poids a été de 19,97 et 20,00 p. 100. On a fait un dosage direct de l'ammoniaque par distillation avec de la potasse caustique ; on a obtenu ainsi 11,70 p. 100 d'ammonium, soit 16,90 d'ammoniaque. Par conséquent, la proportion d'eau est de 3,07 à 3,10 p. 100. L'antimoine a été dosé soit par calcination avec l'acide sulfurique, soit en précipitant le sulfure d'antimoine après la séparation du fluor par le sulfure de calcium.

Les résultats obtenus conduisent à la formule :

$$2\,(Sb\,F^5, 2\,Az\,H^4\,F) + H^2O.$$

		Calculé.	Trouvé.	
Sb	244	40,67	40,60	40,83
4 Az H⁴	72	12,00	11,70	
14 F	266	44,33	43,13	
H²O	18	3,00	3,07	3,10
	600	100		

Fluarseniates.

L'existence de ces sels n'a pas encore été signalée, à ma connaissance du moins. L'étude que j'en ai faite est encore plus incomplète que celle des fluantimoniates, car je ne puis décrire que quelques sels de potasse. Ils sont encore plus solubles que les fluantimoniates et plus difficiles à obtenir à l'état cristallisé. Ceux d'ammoniaque existent probablement, mais sont tellement solubles que leur dissolution se prend par l'évaporation en une masse gommeuse. Ces premiers résultats ne m'ayant pas encouragé à poursuivre l'étude de ces sels, je me bornerai à la description des sels de potasse que j'ai pu obtenir; ils suffisent d'ailleurs pour établir l'existence et la constitution de ce nouveau genre de fluosels.

Les fluarséniates ne résistent pas à l'action de l'hydrogène sulfuré comme les fluantimoniates. Mais la précipitation de l'arsenic ne se fait que très-lentement. Au bout de deux jours, elle est encore loin d'être complète : je n'ai pas cherché à m'assurer si elle le deviendrait au bout d'un plus long temps.

Leur analyse se fait exactement de la même manière que celle des fluantimoniates. Leur décomposition par l'acide sulfurique, suivie de l'évaporation à siccité de

l'excès d'acide, mais sans chauffer au rouge, n'entraîne aucune perte d'arsenic.

Ces sels peuvent bien se conserver à l'état sec, mais leur dissolution laisse facilement dégager de l'acide fluorhydrique ; elle fournit après cela. par concentration, des fluoxyarséniates.

Fluarséniate monopotassique. On l'obtient facilement en dissolvant l'arséniate de potasse dans un excès d'acide fluorhydrique. Il cristallise lorsque la dissolution est très-concentrée. Ses cristaux sont petits, mais assez nets. Ils dérivent d'un prisme rhomboïdal droit. On y trouve les octaèdres m et $m\,{}^1/_2$, la base P et les faces A et E du prisme rectangulaire, un prisme N ($a : \frac{1}{2} b$), les faces a et $a\,{}^1/_2$ sur les angles antérieurs et postérieurs, e et $e\,{}^1/_3$ sur les angles latéraux. J'ai obtenu deux formes assez distinctes de ce sel, l'une en prismes courts ou tables aplaties suivant la base (fig. 5) : l'autre en tables rhomboïdales très-minces, suivant les faces A (fig. 6). Les faces de la zone P, a, A sont très-striées.

Angles calculés.			Observés.
M—M	= 99° 57′		»
N—N	= 61 32		61° 20′
A : N	= 120 46		120 35
P : $e\,{}^1/_3$	= 140 0		140 20
P : e	= 111 40	*	111 40
P : E	= 90 0		90 0
P : $m\,{}^1/_2$	= 117 4		117 10
P : m	= 104 20	*	104 20
P : $a\,{}^1/_2$	= 123 43		123 ?
P : a	= 108 27		108 ?
P : A	= 90 0		90 ?
m : a	= 141 27		»
m—m	= 102 54		103 30

Angles calculés.		Observés.
$m : e$	= 132 6	132 0
$m \smile m$	= 84 13	84 0
$e : N$	= 143 0	142 40
$N : m$	= 156 12	156 0
$N : a^{1}/_{2}$	= 115 11	115 30

Son analyse conduit à la formule :

$$2\,(As\,F^5, KF) + H^2O.$$

		Calculé.	Trouvé.	
2 As	150	31,64	31,91	32,32
2 K	78	16,46	17,66	17,48
12 F	228	48,10	49,37	»
H^2O	18	3,80	4,13	4,80
	474	100		

Lorsqu'on le chauffe dans un tube, il fond facilement et dégage de l'eau et d'abondantes vapeurs d'acide fluorhydrique.

Fluoxyarséniate monopotassique. Ce sel se forme lorsqu'on a dissous l'arséniate de potasse dans une quantité insuffisante d'acide fluorhydrique. Il peut aussi résulter de la transformation du sel précédent, lorsqu'on le fait, à plusieurs reprises, redissoudre dans l'eau et cristalliser par évaporation.

Il cristallise en lamelles rhomboïdales très-aiguës dont il m'a été impossible de déterminer la forme.

Les résultats de son analyse sont exprimés par la formule :

$$As\,OF^3, KF + H^2O.$$

		Calculé.	Trouvé.
As	75	33,48	31,69
K	39	17,41	17,75
O	16	7,14	»
4 F	76	33,93	32,11
H^2O	18	8,04	9,00
	224	100	

Fluarséniate bipotassique. Il s'obtient en ajoutant à la dissolution des sels précédents un excès de fluorure de potassium et d'acide fluorhydrique. Par concentration et refroidissement, on l'obtient en cristaux assez gros, éclatants, et se conservant bien à l'air. Le plus souvent, ils n'offrent qu'un prisme rhomboïdal droit, basé, PMM. Souvent les arêtes latérales sont tronquées par les faces E, et les arêtes antérieures et postérieures par un prisme obtus N ($a : 2\ b$). On rencontre aussi quelquefois les facettes m, e et e^2, mais elles sont très-peu développées (fig. 7).

Angles calculés.				Observés.
M—M	=	97° 0′	*	97° 0′
N—N	=	132 16		132 4
M : N	=	162 22		162 25
M : E	=	131 30		131 25
P : e	=	147 10	*	147 10
P : e^2	=	127 46		127 40
P : E	=	90 0		90 0
P : m	=	135 45		135 35
P : M	=	90 0		90 0
m—m	=	124 56		»
$m \smile m$	=	117 0		»
$m : e$	=	148 30		148 36
M : e^2	=	121 35		121 50
M : m'	=	85 7		85 18
$e^2 : m$	=	143 32		143 28

Sa composition est exprimée par la formule :

$$As\,F^5,\ 2\,KF + H^2O.$$

		Calculé.	Trouvé.
As	75	24,67	23,58
2 K	78	25,66	25,60
7 F	133	43,75	44,36
H^2O	18	5,92	7,40
	304	100	

Fluoxyarséniate bipotassique. Ce sel se prépare, soit en ajoutant du fluorure de potassium neutre à la dissolution du fluoxyarséniate monopotassique, soit en soumettant le sel précédent à des dissolutions et évaporations répétées, qui en chassent une partie de l'acide fluorhydrique.

Il forme des cristaux très-éclatants et bien distincts de tous les sels précédents, mais dont il m'a été impossible de déterminer la forme, soit parce qu'ils sont presque toujours enchevêtrés les uns dans les autres et groupés en mamelons, soit parce que, lorsqu'ils sont à peu près isolés, ils portent un grand nombre de facettes qui ne sont jamais en zone les unes avec les autres, d'où l'on peut conclure qu'ils résultent probablement de mâcles assez compliquées.

La composition de ce sel est exprimée par la formule :

$$As^2OF^8, 4KF + 3H^2O.$$

Peut-être devrait-on le considérer comme un sel double :

$$AsOF^3, 2KF + AsF^5, 2KF + 3H^2O.$$

2 As	150	24,83	25,27
4 K	156	25,83	26,00
O	16	2,65	»
12 F	228	37,75	39,31
$3H^2O$	54	8,94	9,6
	604	100	

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES ET THÉORIQUES

SUR LES

FIGURES D'ÉQUILIBRE D'UNE MASSE LIQUIDE

SANS PESANTEUR

Septième série [1]

PAR M. J. PLATEAU

(Extrait par l'auteur.)

Nouvelle étude du liquide glycérique; procédés de préparation beaucoup plus certains et plus efficaces que les premiers. — Théorie de la génération des lames liquides (suite); *applications. — Différentes espèces de lames liquides. — Théorie de la génération des filets liquides. — Principe général concernant la réalisation à l'état laminaire, des surfaces à courbure moyenne nulle.*

A l'époque où j'ai publié ma cinquième série, j'avais fait de nombreux essais pour trouver la meilleure préparation du liquide glycérique, et je croyais y être parvenu. D'une part, en effet, avec ce liquide, tel que je le préparais alors, une bulle d'un décimètre de diamètre déposée, à l'air libre de la chambre, sur un anneau en fil de fer, se maintenait pendant trois heures, et cette persistance devait paraître énorme, comparée aux deux minutes de durée maxima d'une bulle de même diamètre formée, dans les mêmes circonstances, avec une simple solution de savon; d'autre part, plusieurs préparations successives faites par les mêmes procédés m'avaient

[1] *Mémoires de l'Académie de Bruxelles*, tome XXXVI. Pour la précédente série, voyez *Archives*, 1862, tome XIV, p. 236.

donné le même résultat, de sorte que je regardais ces procédés comme certains. Mais dans de nouvelles préparations opérées pendant l'été suivant, toujours avec de la glycérine d'Angleterre et du savon de Marseille acheté au même magasin, je n'ai plus obtenu le même succès. J'ai donc senti la nécessité de reprendre l'étude du liquide glycérique, afin de tâcher de découvrir des procédés plus sûrs et d'une application plus générale. Je suis arrivé ainsi à une théorie simple du liquide en question, théorie qu'on trouvera exposée dans le Mémoire, et qui m'a fait imaginer des procédés de préparation dont je crois pouvoir aujourd'hui garantir la certitude à fort peu près complète pour m'en être servi un grand nombre de fois avec des glycérines de deux provenances et deux savons différents. Par ces nouveaux procédés, en outre, les lames acquièrent une persistance bien supérieure à celle que leur donne la meilleure réussite des premiers.

C'est toujours la glycérine d'Angleterre (glycérine de Price), recommandée dans ma cinquième série, qui me paraît la meilleure. Du reste, on fabrique actuellement en France, par les mêmes moyens, d'autres glycérines beaucoup moins coûteuses et qui pourraient peut-être, à la rigueur, remplacer celle de Price; seulement, il faut les employer dans d'autres proportions. J'ai toujours obtenu les meilleurs résultats en été; je me bornerai donc ici à décrire le nouveau procédé qui convient à cette saison.

Il faut choisir une époque de chaleur, afin que la température de la chambre ne descende pas, au moins dans le jour, au-dessous de vingt degrés pendant toute la durée de la préparation. On prend du savon de Marseille acheté récemment, de sorte qu'il ait conservé toute son humidité: on le taille en très-petits fragments, et l'on en

dissout, à une chaleur modérée, une partie en poids dans quarante parties d'eau distillée. Quand la solution est revenue à peu près à la température de la chambre, on la filtre, puis on verse dans un flacon trois volumes de cette solution et 2,2 volumes de glycérine de Price ; on agite fortement et assez longtemps pour que le mélange soit bien intime, après quoi on abandonne celui-ci à lui-même pendant sept jours. Le matin du huitième jour, on plonge le flacon dans de l'eau qu'on a refroidie, en y agitant des morceaux de glace, de manière à en abaisser la température à trois degrés environ, et l'on entretient cette même température pendant six heures par des additions convenables de glace. On filtre ensuite le liquide à travers un papier très-perméable, mais il faut empêcher que le liquide contenu dans le filtre ne se réchauffe, sans quoi le précipité que le froid a déterminé pourrait se redissoudre en partie ; pour cela, avant de verser dans le filtre, on pose dans celui-ci un petit bocal allongé, plein de morceaux de glace, et muni de son bouchon de verre pour lui donner plus de poids ; ce bocal doit être incliné de manière à reposer par sa partie latérale contre le filtre ; enfin on entoure de morceaux de glace la base du flacon qui porte l'entonnoir, puis, retirant le liquide du bain froid, on remplit immédiatement le filtre. Les premières portions de liquide qui passent sont troubles ; on les reverse dans le filtre, et il suffit de répéter cette dernière opération deux ou trois fois pour que le liquide recueilli ensuite soit absolument limpide. Je n'ai pas besoin d'ajouter que si la filtration dure assez longtemps, il faut renouveler de temps à autre la glace du petit bocal ; quant à celle qu'on a disposée autour de la base du flacon, elle est destinée à prévenir le réchauffement des portions qui

passent d'abord en entraînant du précipité. Si le liquide est en grande quantité, il faut le distribuer dans plusieurs filtres placés sur des flacons séparés et fonctionnant simultanément. La filtration terminée, on abandonne encore le liquide à lui-même pendant dix jours, et alors la préparation est complète.

Dans les meilleures conditions, le liquide ainsi préparé donne des persistances extraordinaires : une bulle d'un décimètre de diamètre déposée, à l'air libre de l'appartement, sur un anneau en fil de fer de quatre centimètres de diamètre préalablement mouillé du même liquide, et laissée en repos, peut se conserver pendant dix-huit heures, c'est-à-dire six fois autant que le liquide obtenu par le procédé de ma cinquième série. Les substances qui entrent dans la composition du liquide étant des produits de l'industrie, elles varient plus ou moins d'un échantillon à un autre ; aussi n'ai-je obtenu qu'exceptionnellement le résultat ci-dessus. Du reste, on pourra juger par ce qui suit de la supériorité de mon nouveau procédé et du degré de confiance qu'il mérite.

Sur vingt et une préparations effectuées successivement pendant les étés des quatre dernières années, et avec différents échantillons de glycérine de Price et de savon de Marseille, deux seulement, pour lesquelles la glycérine et le savon étaient les mêmes, m'ont donné de mauvais résultats ; mai j'ai certaines raisons de soupçonner une erreur dans la pesée du savon. Tous ces liquides ont été essayés au moyen d'une bulle d'un décimètre déposée sur un anneau, comme je l'ai dit. En supprimant les deux mauvaises réussites, restent dix-neuf échantillons, pour trois desquels la persistance maxima a été de cinq heures ; pour trois autres, de sept heures ; pour deux, de

huit heures ; pour quatre, de neuf heures ; pour quatre, de dix heures ; pour un, de onze heures ; pour un, de douze heures, et pour un, de dix-huit heures.

Une chose bien remarquable, c'est que, quand la persistance est assez grande, la lame atteint, après une heure ou deux, une épaisseur sensiblement uniforme dans toute l'étendue de la bulle, sauf, bien entendu, la petite calotte inférieure interceptée par l'anneau métallique. On reconnaît cette uniformité à la disposition des teintes.

En outre, et cela n'est pas moins digne d'intérêt, ces teintes montent d'abord vers les premiers ordres, puis, en général, redescendent jusqu'au rouge et au vert des derniers, et même quelquefois presque jusqu'au blanc. Cette rétrogradation des teintes provient, comme je l'ai fait voir dans la cinquième série, de ce que le liquide glycérique absorbe l'humidité de l'air amibant.

La théorie que je me suis faite du liquide glycérique conduit encore à cette conséquence : qu'en substituant de l'oléate de soude pur au savon de Marseille, on doit obtenir, par un procédé bien plus simple, un liquide supérieur même aux meilleurs liquides préparés au savon ; or, c'est ce que l'expérience confirme pleinement : il m'a suffi, en effet, de dissoudre, à une chaleur modérée, l'oléate de soude dans l'eau distillée, puis de mêler la glycérine à cette solution, le tout dans des proportions peu différentes de celles des liquides au savon. Dès le lendemain ou le surlendemain, les liquides ainsi préparés étaient propres aux expériences, et ils m'ont donné des bulles, toujours d'un décimètre et à l'air libre, dont la persistance maxima a dépassé vingt-quatre heures. Le liquide à l'oléate de soude est donc le véritable liquide glycérique ; c'est celui de la théorie ; il l'emporte de beaucoup sur le

liquide au savon, et sa préparation est des plus faciles. Malheureusement l'oléate de soude pur ne se trouve pas dans le commerce, et il faut nécessairement, pour s'en procurer, recourir à l'obligeance d'un chimiste.

En vase clos, les bulles de liquide glycérique manifestent une persistance bien autrement grande encore, surtout quand on a déposé au fond du vase une substance absorbante, telle que du chlorure de calcium. Par exemple, avec un liquide à l'oléate de soude qui n'était pas excellent et donnait, à l'air libre, une persistance maxima de douze heures seulement, j'ai obtenu, sans dessèchement de l'air du vase, une persistance maxima de quarante et une heures, et, avec dessèchement, une persistance de plus de cinquante-quatre heures. J'indique, dans le Mémoire, certaines précautions à prendre.

Après cet exposé relatif au liquide glycérique, je reviens à la génération des lames. Dans la deuxième et dans la sixième série, j'ai étudié, au point de vue de leur génération et de toutes leurs particularités : 1° les lames qui se développent quand, après avoir attaché à une charpente solide immergée dans le liquide alcoolique une masse d'huile pleine, on enlève graduellement de ce dernier liquide ; 2° les lames soulevées à la surface d'un liquide par des bulles d'air ; 3° celles qui partent des fils d'une charpente solide qu'on retire du liquide glycérique. Dans la série actuelle, j'étends cet examen aux autres espèces de lames liquides.

Je commence par les bulles complètes obtenues au moyen de l'insufflation à travers un tube évasé. Lorsqu'on plonge dans l'eau de savon ou dans le liquide glycérique l'orifice de la tête d'une pipe, par exemple, et qu'on le retire ensuite, une petite lame s'étend d'abord du liquide

à cet orifice, et je fais voir qu'en continuant à soulever ce dernier, l'équilibre de figure de la lame devient bientôt instable : celle-ci se resserre alors, se ferme rapidement à sa base, se sépare du liquide, et va, sous la forme plane, remplir l'orifice. Cela étant, si l'on souffle ensuite par le tuyau, la lame en question se trouvant soumise sur l'une de ses faces à un excès de pression, elle devra ou se briser, ou se bomber vers l'extérieur; or, à moins qu'elle ne soit d'une minceur excessive, sa cohésion sera plus que suffisante pour l'empêcher de se rompre ; elle commencera conséquemment à se bomber en s'étendant, et comme, en même temps, la viscosité ralentira beaucoup la descente des molécules liquides vers le point le plus bas de la courbure, la lame continuera à se bomber et à s'étendre; enfin, comme elle s'appuie sur une périphérie circulaire et qu'elle est continue dans toute son étendue à partir de cette périphérie, elle devra, d'après un principe établi dans ma quatrième série, constituer une portion de sphère. Par le progrès de l'insufflation, la portion de sphère ainsi formée doit évidemment aller toujours en augmentant de diamètre jusqu'à ce que la lame éclate par l'effet de son atténuation.

Si, avant d'approcher du point où la rupture aurait lieu, on cesse de souffler et qu'on donne à la pipe un mouvement assez rapide de bas en haut, la bulle, par suite de son inertie et de la résistance de l'air ambiant, reste plus ou moins en arrière ; mais, à cause de sa cohésion et de son adhérence au bord solide, la lame, en général, ne se brise pas, et la bulle demeure unie pour un instant à ce bord par une traînée laminaire. Maintenant si, pour simplifier, nous supposons que le mouvement rapide de la pipe soit effectué dans un sens exactement

perpendiculaire au plan de l'orifice, la figure laminaire ne pourra cesser d'être de révolution ; or, j'ai démontré, dans ma quatrième série, que la sphère est la seule figure d'équilibre de révolution fermée sur l'axe ; cette figure à traînée, qui est fermée inférieurement sur l'axe, ne peut donc constituer une figure d'équibre ; dès lors, elle doit se modifier spontanément, et il est clair que la traînée s'étranglera pour se séparer en deux portions dont la supérieure ira occuper l'orifice à l'état de lame plane, tandis que l'inférieure fermera la bulle, qui se trouvera ainsi isolée dans l'air et à l'état de sphère entière.

Tout le monde sait qu'on peut aussi gonfler des bulles à l'extrémité d'un tube étroit non évasé. Dans ce cas, lorsqu'on a plongé dans le liquide le bout du tube et qu'on l'en retire, la capillarité maintient à l'intérieur une petite colonne de ce liquide, et lorsqu'on souffle ensuite par l'autre bout, la colonne ci-dessus va former à l'orifice une petite masse dans laquelle l'air s'introduit pour l'étendre et la façonner en bulle.

Je rappelle ensuite un procédé connu, mais singulier, pour la réalisation de lames liquides planes ou à peu près telles. On prend entre les deux mains, par le fond et par le goulot, un flacon renfermant une petite quantité de liquide glycérique, on le tient horizontalement, et on lui imprime un mouvement qui oblige le liquide à en balayer toute la surface concave intérieure ; dès qu'on s'arrête, on voit, en général, une ou plusieurs lames planes disposées en travers du flacon ; on peut ensuite redresser ce dernier et le placer sur une table avec ses lames, qui sont alors horizontales. J'explique encore dans le Mémoire, par la cohésion et la viscosité, la génération des lames dont il s'agit.

Ces lames présentent des propriétés remarquables : elles ont une étonnante durée, et leurs teintes atteignent le noir ; une semblable lame, réalisée dans un flacon d'environ sept centimètres de diamètre, a persisté dix-huit jours : elle était devenue noire dans toute son étendue.

Il y a un genre particulier de lames liquides sur lesquelles je m'arrête davantage : ce sont celles qui résultent de l'étalement d'un liquide en mouvement. Savart a appelé l'attention sur ces lames par deux beaux Mémoires insérés dans les *Annales de Chimie et de Phys.* en 1833.

Dans le premier, le célèbre physicien étudie spécialement les phénomènes qui se produisent lorsque la partie continue d'une veine liquide lancée verticalement de haut en bas par un orifice circulaire, vient frapper normalement le milieu d'un petit disque solide. Dans ces conditions, le liquide s'étale en une nappe ou lame qui, toutes choses égales d'ailleurs, affecte des formes différentes suivant la vitesse d'écoulement : sous une charge modérée, le liquide qui frappe le disque s'étend tout à l'entour en lame parfaitement unie, présentant la forme d'une large capsule renversée, dont le contour libre, légèrement dentelé, lance un grand nombre de gouttelettes qui partent des angles saillants des dentelures. Quand la charge diminue, la lame se recourbe de plus en plus, et finit par se fermer inférieurement.

Dans son second Mémoire, Savart s'occupe de l'effet résultant du choc mutuel des parties continues de deux veines liquides lancées par des orifices circulaires dans des directions qui, au point de rencontre, sont exactement opposées. Sous des charges égales et avec des orifices égaux, le liquide s'étale en un disque dont le plan est perpendiculaire à la tangente commune aux axes des deux

veines. Pour une charge modérée, le disque liquide est entouré d'un petit bourrelet d'où s'échappent une multitude de gouttelettes.

Savart est conduit par ses observations, dans le cas de charges modérées, aux deux lois suivantes : pour les mêmes orifices, le diamètre de la nappe est sensiblement proportionnel à la simple charge, et, pour une même charge, il est sensiblement proportionnel à l'aire des orifices.

Il montre ensuite qu'avec des orifices inégaux et une charge commune considérable, la lame est conique, et que, si la charge diminue suffisamment, cette lame se resserre à sa base et finit par se fermer.

Savart attribue à l'attraction moléculaire la fermeture de ces lames et de celles du premier Mémoire, mais il se borne à ce simple aperçu. J'explique les faits d'une manière plus précise par la considération suivante : lorsqu'une lame liquide est courbe et que ses deux courbures principales ne sont pas de sens contraires, chacun de ses éléments exerce, comme je l'ai fait voir dans ma cinquième série, une pression normale dirigée du côté de la concavité. C'est cette pression qui, lorsque la vitesse de projection du liquide est suffisamment amoindrie, augmente la courbure méridienne des lames en question, jusqu'à fermer complétement celles-ci.

Pour compléter la théorie des phénomènes, il restait à rendre raison de la limitation des lames non fermées, ainsi que de la formation des gouttes qui s'échappent de leurs bords.

M. Hagen, qui a répété et varié les expériences principales du second Mémoire, a donné, à l'égard de la limitation, une théorie qui paraît vraie et conduit aux deux lois rappelées plus haut. Quant à la génération des

gouttes, ce savant avoue qu'il ne trouve pas d'explication satisfaisante, et cela devait être, car le phénomène dépend d'un principe exposé dans ma deuxième série, principe dont M. Hagen ne pouvait encore avoir connaissance. Voici, j'en suis convaincu, l'explication nette de cette génération. Considérons ce qui se passe immédiatement après l'ouverture des deux orifices, pendant que le disque liquide croît en diamètre. Ce disque constitue une figure de révolution dont la section méridienne présente évidemment une courbure très-forte à son équateur, c'est-à-dire au bord même de la nappe; or, cette forte courbure détermine nécessairement une pression capillaire énergique, dirigée suivant le rayon du disque et en sens contraire du mouvement: au bord du disque, le liquide se trouve donc sollicité par deux forces opposées, dont l'une tend à l'éloigner du centre, et l'autre à l'en rapprocher, et de là doit résulter un déplacement latéral du liquide; en d'autres termes, pendant que le disque se développe, le liquide refoulé doit former un bourrelet tout le long de son contour. Or, ce bourrelet ayant la forme d'une sorte de cylindre qu'on aurait courbé en anneau, constitue, d'après ce que j'ai exposé dans ma deuxième série, une figure instable, et doit, de toute nécessité, se résoudre pendant son développement en masses isolées. D'ailleurs, le bourrelet, en vertu de l'inertie de sa masse totale, ne peut perdre complétement sa vitesse en même temps que la portion de la lame à laquelle il adhère immédiatement: les petites masses dans lesquelles il s'est converti se sépareront donc du contour de la lame et seront lancées avec leur petit excès de vitesse acquise. En ce moment, la pression capillaire doit reformer rapidement un nouveau bourrelet, qui se résout bientôt, comme le premier, en masses isolées, et ainsi de suite.

Je montre dans le Mémoire que cette théorie satisfait à tous les détails observés par Savart et par MM. Hagen et Magnus; elle s'applique également aux gouttes lancées par le bord des lames ouvertes du premier Mémoire de Savart.

Au genre de lames dont il vient d'être question, appartiennent celles que M. Magnus a formées aussi par la rencontre de deux veines dont les axes font entre eux un certain angle. Ces lames présentent des particularités curieuses dont l'explication est facile.

On a vu plus haut que les lames de Savart, lorsqu'elles affectent des formes courbes et qu'on amoindrit suffisamment la vitesse du liquide, se ferment par l'effet des pressions capillaires qu'exercent tous les points de leurs deux faces en vertu des courbures de celle-ci. C'est au même genre de phénomènes qu'appartient la singulière génération de bulles observée par mon fils. L'expérience consiste à lancer obliquement en l'air de l'eau de savon contenue dans une capsule, de manière à étaler le liquide en nappe ou lame ; cette lame se déchire, en général, en plusieurs portions dont chacune se ferme aussitôt pour constituer une bulle creuse complète, qui descend avec plus ou moins de lenteur. Le phénomène est dû à ce que le bord de chaque lame partielle se garnit d'un bourrelet qui descend plus vite que le milieu, contre lequel agit la résistance de l'air, de sorte que la lame prend une figure fortement bombée, tournant sa convexité en haut : les pressions capillaires font le reste.

Enfin, je mentionne une dernière espèce de lames : elles sont formées aussi par un liquide en mouvement ; mais la cohésion et la viscosité ne jouent dans leur génération qu'un rôle secondaire, parce que les filets molé-

culaires dont on peut les regarder comme composées, n'ont point de tendance à s'écarter les uns des autres. Telle est la veine lancée de haut en bas par un orifice en forme de fente rectiligne, veine dont on connaît l'aspect bizarre. J'ai fait connaître, il y a longtemps, une expérience qui me semble curieuse, en ce qu'elle montre aux yeux une grande lame liquide verticale, dont l'un des bords libres, muni d'un bourrelet, est rectiligne et incliné à l'horizon. Elle consiste à faire écouler de l'eau par une fente verticale et rectiligne pratiquée dans la paroi latérale du vase, depuis un point voisin du fond de celui-ci jusqu'au-dessus du niveau du liquide. C'est le bord libre supérieur de la lame qui présente la forme indiquée. Je donne dans le Mémoire la théorie du phénomène et les conditions d'une bonne réussite.

On a pu voir, dans mes séries précédentes, que lorsqu'une figure liquide instable se partage spontanément en deux ou plusieurs masses ou figures partielles, celles-ci, avant leur séparation complète, demeurent encore unies deux à deux par un filet liquide plus ou moins cylindrique, lequel se résout ensuite en sphérules isolées. Je fais voir que le phénomène de la génération de ces filets est analogue à celui de la génération des lames, et qu'il a également pour causes la cohésion et la viscosité du liquide.

Je termine par l'énoncé d'un principe général concernant la réalisation, à l'état laminaire, des surfaces à courbure moyenne nulle. Voici ce principe, auquel j'attache une grande importance :

Une surface à courbure moyenne nulle étant donnée, concevez-y tracé un contour fermé quelconque, astreint aux seules conditions : 1° qu'il circonscrive une portion finie de

la surface, et 2° que cette portion n'excède pas la limite de stabilité, si la surface donnée a de telles limites : ployez un fil de fer de manière qu'il figure exactement le contour fermé en question : oxydez-le légèrement par de l'acide nitrique affaibli ; plongez-le entièrement dans le liquide glycérique, et retirez-le ; vous le trouverez occupé par une lame représentant la portion de surface dont il s'agit. Ce contour doit, bien entendu, être muni d'un appendice par lequel on puisse le tenir.

Par exemple, le plan est une surface à courbure moyenne nulle, et une figure fermée quelconque, tracée sur un plan, limite une portion finie de ce dernier ; or, un fil de fer légèrement oxydé, courbé suivant une figure plane arbitraire, mais fermée, puis plongé dans le liquide glycérique et retiré, emporte toujours avec lui une lame plane. De même si, sur un caténoïde compris entre deux bases circulaires, on imagine un contour formé de deux arcs méridiens opposés et des moitiés des circonférences des deux bases, en prenant ces deux demi-circonférences du même côté du plan contenant les arcs méridiens, ce contour, construit en fil de fer, donne, avec le liquide glycérique, une lame représentant la portion correspondante du caténoïde.

On réalise ainsi, comme par enchantement, des surfaces qui, pour la plupart, sont fort singulières. La seule difficulté consiste à choisir le contour fermé et à en déterminer exactement la forme ; mais on y parvient toujours quand on connaît, soit l'équation, soit la génération géométrique de la surface. Je ferai connaître, dans une série ultérieure, de nouveaux exemples de ces réalisations.

CONSIDÉRATIONS

SUR LA

THÉORIE DE L'AFFINITÉ DE BERTHOLLET

PAR

M. A. BETTENDORFF [1]

Tout le monde sait que Bergmann est le premier qui a énoncé des notions positives sur l'affinité. Il attribuait aux acides et aux bases des affinités constantes et prétendait que les degrés d'affinité étant connus, on pouvait toujours en conclure d'avance la réaction qui aurait lieu. Longtemps après parut la statique chimique de Berthollet, qui contenait des opinions tout à fait opposées à celles de Bergmann. Selon Berthollet, l'affinité d'un corps peut varier : une affinité plus faible peut être compensée par la masse. En outre, il fait entrer en ligne de compte la cohésion et l'élasticité des corps en voie de formation, sans lesquelles une décomposition complète d'après l'affinité élective, simple ou double, s'il est permis de se servir de ces expressions, ne serait pas possible. Il arrive logiquement à la conclusion que, dans un liquide qui contient en dissolution deux acides différents et deux bases différentes, il doit se trouver quatre sels. La théorie de Berthollet a été, dès l'origine, tour à tour combattue et défendue, et même tout dernièrement, elle a été soutenue dans trois travaux différents. Je fais allusion à l'expérience de M. Graham sur la diffusion, à celle de M. Gerland et aux recherches de M. C. de Than. Bien que ces travaux jouissent d'une notoriété générale, je suis obligé d'entrer à leur égard dans quelques détails.

[1] *Zeitschrift für Chemie*, 1866, II, p. 641.

M. Graham a montré dans son remarquable mémoire sur la diffusion des dissolutions salines [1] que des dissolutions équivalentes de chlorure potassique et de sulfate sodique comparées à des dissolutions équivalentes de sulfate potassique, et de chlorure sodique, possèdent les mêmes propriétés de diffusion. Dans les deux liquides, les couches supérieures ainsi que le reste de la masse soumise à la diffusion présentaient les mêmes quantités de potassium et d'acide sulfurique. M. Graham en tire la conclusion inattendue que la diffusion des métaux n'est pas influencée par l'acide avec lequel ils sont combinés, et il estime que ce résultat est parfaitement d'accord avec la manière de voir de Berthollet qui admet que les dissolutions susmentionnées renferment quatre sels. Je ne saisis pas bien la nécessité de cette conclusion. Représentons-nous en premier lieu de quelle manière ces sels peuvent réagir les uns sur les autres.

		1er cas.	2me cas.	3me cas.
$2KCl$ $2NaOSO^3$	peuvent donner	$2KCl$ $2NaOSO^3$	$KCl + NaCl$ $NaOSO^3 + KOSO^3$	$2NaCl$ $2KOSO^3$

		3me cas.	2me cas.	1er cas.
$2NaCl$ $2KOSO^3$	peuvent donner	$2KCl$ $2NaOSO^3$	$KCl + NaCl$ $NaOSO^3 + KOSO^3$	$2NaCl$ $2KOSO^3$

Nous voyons, d'après cela, qu'une dissolution de chlorure potassique et de sulfate sodique doit être identique à une dissolution de chlorure sodique et de sulfate potassique, par conséquent que les propriétés de diffusion doivent être les mêmes, mais que nous ne pouvons en tirer aucune conséquence pour l'une ou l'autre des théories d'affinité, puisque cette expérience est aussi bien en faveur de Bergmann que de Berthollet.

[1] Voyez *Archives*, 1863, tome XVI, p. 95.

L'expérience de M. Gerland[1] est sujette à la même objection. Ce savant a comparé l'abaissement de la tension de la vapeur d'eau de dissolutions équivalentes de sulfate sodique et de chlorure potassique avec celle de dissolutions équivalentes de sulfate potassique et de chlorure sodique, et comme il a trouvé dans les deux opérations le même abaissement de la tension de la vapeur d'eau, il a cru confirmer de cette manière l'opinion de Berthollet. D'après les considérations développées plus haut, il me semble que ce résultat peut aussi bien s'appliquer à la loi de Bergmann. Tout ce que les expériences de ces deux chimistes prouvent, c'est qu'un échange a lieu, mais elles ne démontrent pas laquelle des trois alternatives s'effectue. Si l'hypothèse de Berthollet était démontrée, alors seulement les expériences de MM. Graham et Gerland viendraient la confirmer.

Quant à la troisième expérience, celle de M. C. de Than[2] bien que l'auteur y ait apporté tous ses soins, le résultat en est très-incertain. Quand M. de Than veut calculer la solubilité d'un mélange de deux sels au moyen de celle de chaque sel pris isolément, il faut qu'il admette tacitement que la solubilité d'un sel dans l'eau n'est pas modifiée par la présence d'un second sel. Mais lorsque l'on a une dissolution de deux sels dans l'eau, et qu'il ne se forme pas de doubles combinaisons, l'on a affaire avec la dissolution d'un sel dans une dissolution saline, question sur laquelle nous ne possédons à ce jour pour ainsi dire aucune donnée. Toutefois, nous savons que le nitrate plombique est beaucoup plus soluble dans une dissolution de nitrate potas-

[1] *Poggend. Ann.* CXXIV, p. 179, et *Zeitschrift*, *N. F.* I, p. 173.

[2] *Comptes rendus de l'Acad. de Vienne*, 1865, p. 66, ou *Zeitschrift* *N. F.* I, p. 411.

sique que dans l'eau pure[1]. Par conséquent si, pour nous borner à cet exemple, M. de Than se proposait de calculer la quantité d'eau pour un mélange de nitrate potassique et de nitrate plombique, il obtiendrait nécessairement une quantité d'eau trop considérable.

On sait qu'on a été souvent porté à considérer les colorations qui se manifestent par le mélange de certains sels comme étant en faveur de l'hypothèse de Berthollet, mais on n'a jamais pu démontrer avec certitude si les échanges avaient lieu par moitié. Si l'on pouvait réussir à déterminer au moyen de l'intensité de la coloration la quantité du sel en question, on pourrait en conclure pour Bergmann ou pour Berthollet. Quelques expériences que j'ai entreprises sur des liquides colorés, m'ont fait espérer que j'en pourrais déterminer la composition à l'aide du spectre d'absorption[2], et j'ai effectivement réussi pour quelques corps qui donnent des lignes d'absorption. Une dissolution d'acétate ferrique ne donne pas de lignes d'absorption, mais suivant la concentration et la composition, le rouge et le vert sont plus ou moins absorbés, et le violet complétement. Toutefois, il est difficile de déterminer jusqu'à quelle partie du spectre l'absorption a lieu, parce qu'on n'a pas de points de repaires. Si l'on opérait avec la lumière du soleil, les lignes de Frauenhofer fourniraient très-bien ces points, comme je m'en suis assuré. Mais on arrive plus simplement et plus commodément au but avec le spectre d'absorption de l'acide hyponitrique. Ce spectre est représenté dans la planche II tel qu'on l'obtient au moyen

[1] Kopp. *Theor. Chemie*, p. 98.

[2] Je dois faire observer ici que M. J. H. Gladstone a déjà utilisé le prisme pour se rendre compte de la décomposition réciproque dans des dissolutions salines colorées. (*Quarterly Journal of the Chem. Soc.* IX, p. 144.)

de mon petit spectromètre de Bunsen. Quand on interpose un flacon de gaz acide hyponitrique entre la source de lumière et le liquide absorbant, dans notre cas l'acétate ferrique, on peut déterminer avec la plus grande exactitude la modification qu'éprouve le spectre d'absorption de l'acide hyponitrique. On voit très-distinctement apparaître des lignes plus ou moins obscures suivant la concentration du liquide. Comme le spectre d'absorption d'une substance dépend de l'épaisseur de la couche, en outre de l'intensité et de la nature de la source lumineuse et dans plusieurs circonstances aussi de la température, on a opéré en premier lieu à une température constante de 16°—17° C. et avec des bougies stéariques prises dans la même livre. Pour obtenir des couches de même épaisseur, j'ai fait construire un appareil semblable à celui que M. Bunsen a employé dans ses recherches sur le spectre d'absorption du didyme[1]; seulement j'ai remplacé les bouchons de verre usés à l'émeril par des plaques de glace fixées avec du baume du Canada, et j'ai adapté latéralement un petit tube de verre muni d'un trait de repaire pour introduire le liquide. La longueur du tube était de $0^m,11$, le vide de $0^m,017$ et la contenance de 26 centimètres cubes. Le gaz hyponitrique était contenu dans un tube semblable de $0^m,017$ de diamètre intérieur, et de $0^m,073$ de longueur, et était fermé par des plaques de glace, fixées avec de la paraffine recouverte elle-même de vernis. Au tube à fente du spectromètre était adapté une longue tablette pour supporter les deux tubes que nous venons de décrire.

J'ai examiné pour commencer l'acétate ferrique neutre. Pour le préparer, je dissolvais de l'hydrate ferrique ré-

[1] *Poggend. Ann.* tome CXXVIII, p. 105.

cemment précipité dans de l'acide acétique glacial ; après trois jours de digestion, je filtrais et j'analysais. Dans ce but, je traitais le liquide par le carbonate barytique avec le concours de la chaleur, et je filtrais l'acétate barytique qui était dosé sous forme de sulfate. L'hydrate ferrique et le carbonate barytique en excès étaient redissous dans de l'acide chlorhydrique et le fer précipité par de l'acétate sodique.

10 C. c. d'acétate ferrique ont donné :

0,8186	BaO, SO^3	correspondant à	0,3583	$C^4H^3O^5$
0,2128	Fe^2O^3	qui demandent	0,4069	—

La dissolution était donc faiblement basique. On a calculé la quantité d'acide acétique qui devait être ajoutée, et l'on a obtenu la combinaison $Fe^2O^3.3C^4H^4O^3$ à l'aide de laquelle, par des additions d'eau, on a préparé les dissolutions suivantes :

N° 1	renfermant	dans	26^{cc}	0,0356	$Fe^2O^3.3C^4H^3O^3$
N° 2	»	»	»	0,0178	»
N° 3	»	»	»	0,0089	»
N° 4	»	»	»	0,0044	»

Introduites successivement dans le tube de verre décrit plus haut, ces dissolutions ont produit les spectres représentés dans la planche I, savoir la dissolution n° 1 le spectre I, le n° 2 le spectre II, etc., etc.

La différence entre le spectre I et II est très-frappante : la dissolution n° 2, c'est-à-dire le spectre II, montre distinctement les deux lignes de l'acide hyponitrique 45 et 47 que la dissolution n° 1, deux fois plus concentrée, ne produit pas. La différence entre la dissolution n° 2 et n° 3 et celle entre le n° 3 et n° 4 est tout aussi considérable.

Une dissolution d'acétate ferrique devrait, d'après

Berthollet, former quatre sels avec le chlorure potassique.

$$2\,(Fe^2O^3C^4H^3O^3) + 6\,KCl = Fe^2O^3\,3\,C^4H^3O^3 + Fe^2Cl^3 + 3\,KOC^4H^3O^3 + 3\,KCl.$$

La moitié de l'acétate ferrique devrait disparaître et être remplacée par du chlorure ferrique. Mais le chlorure ferrique très-dilué [1], seul ou combiné avec l'acétate ferrique, ne produit pas de modification dans le spectre d'absorption de ce dernier, ni dans celui de l'acide hyponitrique. L'acétate potassique se comporte de la même manière. Par conséquent, si nous introduisons dans le tube de verre 5 cent. cubes d'une dissolution d'acétate ferrique qui renferme $0^{gr},0356$ de sel neutre, si nous y ajoutons la quantité équivalente de chlorure potassique $0^{gr},0342$ et si nous diluons le mélange avec de l'eau jusqu'à ce que son niveau atteigne le trait de repère du tube, il faudra, dans la supposition que la règle de Berthollet est exacte, obtenir le spectre d'absorption d'un liquide ne renfermant que la moitié de $0^{gr},0356$ d'acétate ferrique, c'est-à-dire qu'au lieu du spectre I, on devrait obtenir le spectre II. Or si l'on répète l'expérience en ajoutant successivement 6, 12, 18 équivalents de chlorure potassique ou de chlorure sodique, à deux équivalents d'acétate ferrique, le spectre d'absorption de ce dernier n'éprouve aucune modification, comme cela devrait avoir lieu, d'après les considérations que nous avons développées, si le principe de Berthollet était rigoureusement exact. Les mêmes

[1] Je me suis assuré par une expérience directe que 26 cent. cube, qui contiennent 0,0496 de chlorure ferrique neutre, ne modifient pas le spectre d'absorption de l'acide hyponitrique. Le spectre I n'est pas non plus modifié par l'addition de 0,0248 Fe^2Cl^3 La même quantité de Fe^2Cl^3, ajoutée à la dissolution d'acétate ferrique qui produit le spectre II, n'y apporte non plus aucune modification.

expériences reprises avec un liquide renfermant 0gr,0178 d'acétate ferrique, ont donné le même résultat; on obtenait toujours le spectre II au lieu du spectre III.

J'ai aussi examiné le cas inverse, savoir : si le chlorure ferrique mélangé avec de l'acétate potassique ou sodique se convertit entièrement en acétate ferrique et chlorure potassique ou sodique. Pour cet essai, j'ai préparé du chlorure ferrique neutre pur, en faisant passer un courant de chlore sec sur des cordes de piano, et j'en ai fait une dissolution qui dans 5 c. c. renfermait 0gr,0248 $Fe^2 Cl^3$. Je me suis procuré, en outre, une dissolution d'acétate potassique qui dans 5 c. c. renfermait 0,045 de sel; 5 c. c. de chacune de ces dissolutions étaient, par conséquent, équivalents. Introduite dans l'appareil et étendue d'eau jusqu'au trait de repère, la dissolution rouge a produit le spectre I. Il y avait donc eu formation complète d'acétate ferrique et de chlorure potassique.

Je crois, par conséquent, avoir démontré, d'abord que les preuves citées plus haut en faveur de la théorie de Berthollet, peuvent également bien s'appliquer en faveur de celle de Bergmann: en second lieu, que mes expériences prouvent avec une entière certitude que l'acétate ferrique et le chlorure potassique mélangés ne donnent pas lieu à quatre sels, mais qu'ils se maintiennent l'un à côté de l'autre sans changement dans la dissolution : et enfin, que le chlorure ferrique et l'acétate potassique se transforment complétement en chlorure potassique et acétate ferrique. Je me propose de continuer ces expériences sur d'autres dissolutions salines colorées, et j'espère pouvoir bientôt en communiquer le résultat.

Bonn, novembre 1866.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

Note sur le tremblement de terre qui a eu lieu en Algérie, au commencement de 1867.

Le 2 janvier dernier, à 7 heures 13 minutes du matin, un violent tremblement de terre a été ressenti sur plusieurs points de l'Algérie.

A Alger, le phénomène a débuté par un roulement sourd, dont la durée a été de 1 seconde $^7/_{10}$. Puis, pendant environ huit secondes, on a éprouvé un grand nombre de secousses saccadées. Les fenêtres et les portes ont été ébranlées comme par une violente tempête, et les murs oscillaient. La plupart des horloges et des pendules se sont arrêtées. De nouvelles secousses ont été observées à 9 h. 28 m. et à 9 h. 36 m.

A Blida, un grand nombre de maisons ont été renversées.

Plus à l'ouest, au pied de l'Atlas, trois villages ont été complétement détruits : ce sont Mouzaïaville, Bou-Roumi et El Alfroun. C'est là que l'ébranlement paraît avoir eu son centre et son plus grand effort. A Mouzaïaville, toutes les maisons, au nombre d'environ 160, se sont écroulées en quelques secondes ; 48 personnes ont été tuées et une foule d'autres grièvement blessées. L'église seule est restée debout, mais si endommagée que l'entrée en a été interdite. A El Alfroun, sur plus de cent maisons, une seule n'est pas tombée. L'étendue de ce désastre s'explique par le fait que ces édifices étaient construits en galets arrondis, extraits du lit des torrents voisins, et reliés par un mortier qui renfermait plus de terre que de chaux. La brique a beaucoup mieux résisté.

Les secousses ont été ressenties dans toutes les villes et les villages du Tell algérien. Elles ont été d'autant plus faibles que les localités étaient plus distantes de Mouzaïaville. Toutefois, les villages de Marengo, Duperré, Tipaza, les plus rapprochés, n'ont éprouvé que peu de dégâts et nul accident

grave. Le phénomène paraît ne s'être pas manifesté dans les provinces d'Oran et de Constantine.

Les tremblements de terre sont assez fréquents sur la côte nord de l'Afrique. Dans le but de recueillir des indications sur leur manière d'être, l'administration française a établi un séismographe dans l'arsenal d'artillerie à Alger. Il consiste en un pendule conique, suspendu par une pointe d'acier qui repose dans un godet de même métal. La tige supporte une lourde sphère, traversée librement par un crayon chargé d'un poids qui touche toujours un papier orienté et reposant sur le sol. M. Buvelot a eu l'obligeance de nous communiquer un dessin (pl. II, fig. 2) qui est le relevé exact de la courbe décrite par le crayon de cet appareil, lors de la première secousse, à 7 h. 13 m. du matin. La longueur du pendule est de $1^{m},15$. Le lieu de départ de la pointe est O. La grandeur du déplacement suivant OC est de 28 millimètres; celui dirigé en OA mesure 38 millimètres. Le crayon, dont la marche est figurée par la flèche, a tracé OA dans une direction nord-ouest dont la moyenne correspond à $330°30^{m}$, comptés à partir du méridien de l'est à l'ouest. Il a rétrogradé en décrivant une courbe fermée jusque vers sa première position; puis il s'est élancé de O en C', dans le nord-est, par $64°30^{m}$. Enfin, après une double oscillation parallèle, il est retourné en O, et s'y est fixé.

On voit que les oscillations ont eu lieu dans toutes les directions. Le sol s'est déplacé horizontalement de quelques centimètres, puis est revenu à sa place normale. Quant aux oscillations verticales, elles n'ont pas dépassé un millimètre.

E. W.

H. Knoblauch. Sur le passage des rayons calorifiques et lumineux au travers de plaques inclinées diathermanes et transparentes. (*Annales de Poggendorff*, mai 1866.)

L'auteur avait déjà remarqué en 1847, à l'occasion de ses

recherches sur la polarisation de la chaleur par simple réfraction[1], que les rayons solaires étaient capables de traverser un nombre donné de plaques de verre disposées parallèlement les unes aux autres, en quantité d'autant plus grande que ces plaques étaient plus inclinées à la direction des rayons incidents. Ce résultat a paru d'autant plus singulier, qu'on devait naturellement s'attendre à ce qu'un accroissement d'épaisseur dans la couche interceptante aurait pour conséquence une diminution dans l'intensité des rayons capables de la traverser. Le fait devenait encore plus patent si les rayons calorifiques n'arrivaient sur la plaque de verre qu'après avoir traversé un prisme de Nicol. Ils se trouvaient alors polarisés de telle sorte que leur plan de polarisation était perpendiculaire à l'indice de réfraction des plaques de verre. Si, par exemple, un prisme de Nicol était placé horizontalement sur une fenêtre, de manière à rendre vertical le plan de polarisation des rayons qui le traversaient; si en outre, les plaques de verre étaient rendues mobiles autour d'un axe vertical, les rayons calorifiques réfractés horizontalement, et qu'on faisait tomber sur une pile thermo-électrique à chaque inclinaison différente des plaques, produisaient sur le galvanomètre les déviations ci-après :

Angle formé par les rayons calorifiques et la normale aux plaques de verre.	Déviation du galvanomètre par le passage des rayons calorifiques au travers de			
	3 plaques.	6 plaques.	9 plaques.	12 plaques.
0°	16,00	10,50	7,00	4,50
20	17,25	11,50	8,00	4,50
40	17,25	13,00	10,25	8,75
60	19,50	13,75	12,00	10,50

Quoique les observations ci-dessus n'eussent pas pour but

[1] *Annales de Poggendorff*, vol. 74, p. 170.

de déterminer d'une manière précise la quantité comparative des rayons transmis dans chaque cas particulier, elles tendent cependant à démontrer d'une manière générale : 1° que la faculté des rayons calorifiques de traverser des plaques de verre parallèles croît avec l'angle que forment ces rayons avec la normale aux plaques en question ; 2° que cette faculté croît avec le nombre de plaques.

Lorsqu'en faisant tourner de 90° un prisme de Nicol, on parvenait à faire coïncider exactement le plan de polarisation des rayons incidents avec l'indice de réfraction des plaques de verre, la quantité de rayons qui les traversait a donné lieu aux déviations suivantes :

Angle formé par les rayons calorifiques et la normale aux plaques de verre.	Déviation du galvanomètre par le passage des rayons calorifiques au travers de			
	3 plaques.	6 plaques.	9 plaques.	12 plaques.
0°	16,00	10,50	7.00	4.50
20	16.00	10.50	6.37	2.37
40	12.75	8.00	5.00	2.37
60	10.25	4,00	1,00	0.00

Ces nombres qui, sous le rapport de la précision, demandent à être vérifiés, montrent cependant que le passage de la chaleur rayonnante dans les conditions qui viennent d'être indiquées, présente des résultats complétement opposés à ceux contenus dans le tableau précédent. Il résulte, en effet, des nombres renfermés dans le tableau actuel : 1° que la quantité de chaleur rayonnante, capable de traverser les plaques de verre, paraît décroître à mesure que l'angle d'inclinaison augmente ; 2° que ce décroissement est d'autant plus grand que le nombre de plaques est plus considérable.

Le professeur Schweigger a montré en 1854[1] qu'un objet.

[1] Sur la signification optique du principe mis en évidence par le

vu au travers de plusieurs plaques de verre, paraît plus brillant lorsqu'on donne à ces plaques une inclinaison à angle aigu, que lorsque l'objet est envisagé à travers leur plus petite épaisseur. Sous ce rapport donc, ce qui est vrai pour les rayons de chaleur, paraîtrait l'être aussi pour la lumière. M. Schweigger avait été conduit à faire cette expérience à la suite d'une observation de Schülen[1], d'après laquelle l'image vue dans un télescope est rendue plus distincte en plaçant l'objectif à un angle aigu. Schülen avait proposé de rendre l'effet plus apparent encore en employant plusieurs verres, suivant le principe du multiplicateur électro-magnétique, de façon à en faire une expérience de cours. Schülen ne donne d'ailleurs aucune explication ultérieure, ni aucune preuve d'un rapport quelconque entre ce phénomène et d'autres procédés optiques. M. Knoblauch a repris le sujet dans le but de chercher à déterminer si effectivement ce rapport existe, et aussi pour constater les limites du phénomène en tant qu'il est capable de surmonter le pouvoir absorbant des substances que les rayons doivent traverser.

Il a été établi d'une manière incontestable que l'intensité maximum des rayons, tant calorifiques que lumineux qui ont traversé des plaques de verre incolore, a lieu à l'angle de polarisation; c'est-à-dire à une inclinaison de 55° environ à la normale. A compter de ce point, l'intensité des rayons transmis diminue rapidement. C'est ainsi qu'avec douze plaques de verre, il s'est manifesté pendant un changement dans leur inclinaison de 50° à 55° un accroissement dans l'action thermale de 10°,32 à 10°,60, soit 3 pour cent; tandis que dans le passage de l'inclinaison de 55° à 60° on a remarqué une diminution dans cette même action thermale de 10°,60 à 9°,25, soit 13 pour cent.

multiplicateur électro-magnétique pour renforcer la déviation magnétique. (Voyez *Transactions de la Société des Naturalistes de Halle*, vol. XI, p. 201.)

[1] Contributions à la dioptrique et à l'histoire du verre, par Max Schülen. Nordlingen, 1732.

Dans le cas de rayons dont le plan de polarisation est perpendiculaire au plan de réfraction de la plaque de verre, la déviation du galvanomètre, sous le même angle d'inclinaison, a augmenté de 9° à 9°,5, soit 6 pour cent. En augmentant l'inclinaison, la déviation a diminué graduellement de 9°,5 à 8°,75, soit 8 pour cent. On voit que dans ce cas l'accroissement de la déviation est plus grand, et son décroissement plus faible que dans l'exemple précédent.

Lorsqu'il y avait coïncidence entre le plan primitif de polarisation et le plan de réfraction des plaques traversées, la diminution dans l'intensité de l'action thermale a continué à se manifester pendant l'accroissement de l'inclinaison, quoique à un degré moindre. C'est ainsi qu'avec les douze plaques de verre déjà employées, cette intensité a diminué de 2°,19 à 1°,19, soit 46 pour cent, en supposant un changement d'inclinaison de 50° à 55°. Avec un changement d'inclinaison de 55° à 60°, la diminution dans l'intensité a été de 1°,19 à 0°,76, soit environ 34 pour cent seulement.

Lorsqu'on emploie des plaques de verre coloré ou d'autres substances, telles que du mica, de la colle de poisson de couleurs différentes, ou des lamelles d'or transparent d'un vert bleuâtre, le phénomène décrit plus haut est accompagné d'une absorption très-apparente des rayons calorifiques. Dans le cas de plaques de verre jaune ou de mica, il est facile de comprendre comment l'accroissement dans l'intensité thermale qui accompagnait l'augmentation d'inclinaison, et l'absorption simultanée due à l'augmentation d'épaisseur ont dû se neutraliser mutuellement, de manière à empêcher tout changement sensible dans l'action des rayons jusqu'à ce que l'inclinaison eût dépassé 55°. A ce moment seulement, il y a eu une diminution subite dans la transmission des rayons. En donnant aux plaques une couleur uniforme et plus foncée, la diminution dans l'intensité thermale commençait quelquefois à se faire sentir même avant l'inclinaison de 55°, mais jamais d'une manière subite ni considérable. La même manière de

se comporter a été remarquée chez d'autres corps, et plus particulièrement dans le cas de l'or, par suite de son plus grand angle de polarisation, 70° environ.

Dans le cas où il n'y avait aucune absorption des rayons calorifiques, le nombre des plaques et leur épaisseur étaient sans influence sur l'angle d'inclinaison auquel la transmission des rayons atteignait son maximum. Cet angle correspondait constamment à l'angle de polarisation de la substance en question. Dans le cas contraire, celui où il y avait absorption, le fait de l'augmentation de la transmission des rayons avec le nombre de plaques, de même que la diminution de cette transmission à l'angle de polarisation seulement, ou lorsque l'absorption l'emportait décidément, à un angle d'inclinaison moindre, dépendent de l'épaisseur et du pouvoir absorbant des plaques employées.

Si l'on admet comme conséquence des observations qui précèdent, que des rayons sont d'autant plus capables de traverser entièrement ou partiellement des plaques transparentes ou diathermanes, 1° qu'ils sont plus complétement polarisés dans un plan perpendiculaire au plan de réfraction : 2° que les plaques en question sont plus nombreuses, et 3° que leur inclinaison à la direction des rayons se rapproche davantage de l'angle de polarisation; si de plus, l'on admet que les plaques réfringentes polarisent la chaleur de même que la lumière, dans un plan perpendiculaire au plan de réfraction, d'autant plus complétement que le nombre de ces plaques est plus considérable et que leur inclinaison s'approche davantage de l'angle en question[1], on comprendra sans peine que les rayons qui ont traversé un nombre donné de plaques devront toujours éprouver une perte proportionnellement moindre en traversant les plaques subséquentes, et comment les conditions requises dans un cas donné pour rendre les rayons plus transmissibles coïncident avec les

[1] *Annales de Poggendorff*, vol. 124, p. 175 et 176.

conditions dans lesquelles les plaques elles-mêmes deviennent plus perméables.

La polarisation par simple réfraction étant la plus complète possible dans le cas du prisme de Nicol[1]; il est facile de comprendre que la polarisation au moyen de ce prisme, dans le cas où son plan de polarisation coïncide avec celui de la plaque réfringente, doit donner lieu à une augmentation plus grande dans l'intensité des rayons transmis que dans le cas de la plaque de verre prise isolément. D'autre part, la différence entre l'accroissement d'intensité observée plus haut lorsqu'on atteint l'angle de polarisation, et la diminution subséquente dès qu'on le dépasse, doit être moindre dans le premier cas que dans celui que nous venons d'examiner. En effet, dans le premier cas, la polarisation des rayons ne subit aucun changement, et la transmission n'est favorisée que par le degré d'inclinaison des plaques. Dans le cas du verre, par exemple, cette transmission est augmentée entre l'inclinaison de 50° et celle de 55°, et diminuée de 55° à 60°. Dans le cas d'une surface plane de verre, la polarisation des rayons, ainsi que l'influence des plaques sur la transmission sont simultanément modifiées; l'une et l'autre sont d'abord augmentées, puis après diminuées, ce qui rend plus sensible le passage d'un angle de polarisation à l'autre.

A. Secchi. Sur l'origine des raies atmosphériques du spectre solaire. (Lettre adressée au Rédacteur des *Archives.)*

Rome, 27 décembre 1866.

Monsieur,

Je viens de voir dans le cahier d'octobre 1866 des *Archives des Sciences physiques et naturelles* que vous publiez une note de M. Janssen, en réponse à un article de M. Cooke sur l'origine des raies telluriques atmosphériques dans le spectre so-

[1] *Annales de Poggendorff*, vol. 124, p. 178.

laire. Dans cette note M. Janssen réclame contre M. Cooke la priorité de la découverte. Il est singulier, cependant, qu'il ait oublié que je l'ai prévenu lui-même de beaucoup, ce qui est prouvé par le fait qu'il m'a fait l'honneur de contester ma manière de voir. Je n'entends pas faire ici une réclamation de priorité, mais seulement établir la vérité pour l'exactitude de l'histoire de la science.

Quelques citations serviront à montrer que l'idée première de la véritable source de ces raies a été émise par moi.

Dans une communication, que j'ai faite à l'Académie de Paris, j'avais invoqué cette théorie et même j'en avais fait l'application aux autres planètes. Or M. Janssen écrivait, peu après, dans les *Comptes rendus* (tome LVII, page 215), en parlant de la conclusion à laquelle j'étais arrivée : *mais, malheureusement, elle est en contradiction avec les observations les mieux conduites et les plus sainement interprétées.* Puis, après avoir donné une explication différente, il ajoutait : *la vapeur et l'eau dans l'état physique particulier où elle constitue les nuages et les vapeurs atmosphériques ne saurait être invoquée comme la cause des raies telluriques du spectre solaire.* Et il continuait à déclarer insuffisante ma démonstration, qui était cependant déduite de l'observation des phénomènes les plus saillants, tels que l'influence d'une atmosphère brumeuse et vaporeuse, la différence énorme de ces raies dans les jours secs lorsque soufflait la tramontane et dans les jours humides avec le sirocco, etc., etc. [1].

Le prof. Volpicelli, qui était entré dans les vues de M. Janssen, écrivait de son côté (*Comptes rendus*, 21 septembre 1863, tome LVII, page 575) :

« Avant que la lumière du soleil soit arrivée au prisme, je l'ai fait passer par un tube long de deux mètres environ, dans lequel l'air était sec à une première expérience, et saturé de de vapeur d'eau à une seconde. Les circonstances étant

[1] Je n'ai cependant jamais invoqué l'influence des nuages, comme M. Janssen paraît le supposer quelque part.

égales dans les deux cas, j'ai trouvé que le spectre solaire présentait toujours les raies de la même intensité et de même nombre. Cela s'accorde avec ce que M. Janssen a observé avec raison relativement à la cause des raies spectrales telluriques, qui, selon cet auteur, *ne dépendent pas de la vapeur d'eau*, mais bien de l'élévation du soleil... *Le R. P. Secchi a jugé que la vapeur d'eau était l'agent principal des raies spectrales telluriques* et qu'il serait difficile d'en indiquer un autre. Cette opinion est contraire, non-seulement à ce qui précède, mais encore aux expériences de M. Forbes. »

Je pourrais continuer les citations, mais je crois que celles qui précèdent suffiront à vous prouver que, dans le commencement des recherches sur la véritable origine de ces raies, j'ai été le premier à émettre l'opinion qu'il fallait chercher leur source dans la vapeur d'eau. Cette opinion fut rejetée par M. Janssen et les autres physiciens qui suivaient ses traces; ils ont même prétendu avoir fait des expériences qui sont actuellement démenties par M. Janssen lui-même.

Mais je ne me suis pas borné à émettre *des opinions*, j'ai cherché à en donner la démonstration directe. Ainsi, bien avant M. Janssen, j'ai cherché à analyser les flammes de bûchers allumés aux Monti Albani, à 18 kilomètres de Rome, et même des becs à gaz du Vatican, éloignés de 2000 mètres, m'ont donné les raies de la vapeur dans le spectroscope appliqué à la lunette. On a gardé un silence complet sur toutes ces recherches, comme si elles n'existaient pas, et cependant je les ai publiées en extrait dans les *Comptes rendus* et *in extenso* dans le *Bulletin* de l'observatoire, en particulier dans le nº 15 de 1863, 15 août, page 114. Cette publication est antérieure à toutes celles que M. Janssen cite actuellement (*Archives* 1866, tome XXVII, page 187).

J'ai même fait venir un puissant spectroscope de Secrétan, à 9 prismes, et j'ai analysé la lumière solaire près de l'horizon, en comparaison avec les indications du psychromètre et de la quantité de la vapeur. Alors on s'est borné à dire que

l'instrument dont je disposais, donnant seulement les deux raies D du sodium, était faible! On n'a pas même voulu tenir compte du fait de la différence des climats qui pourrait expliquer le développement d'apparition de quelques raies faibles, invisibles dans notre beau ciel d'Italie.

Avant tout je me confie en la loyauté de la Rédaction des *Archives* pour rétablir la vérité des faits, et donner le mérite à qui de droit, en m'accordant une place dans son *Bulletin*.

J'estime beaucoup M. Janssen et j'apprécie surtout sa persévérance; il est arrivé par une expérience directe à vider une question, qui pouvait rester douteuse pour tous ceux qui ne connaissaient pas mes travaux; mais cela ne peut empêcher qu'il ne doive reconnaître le véritable auteur de la théorie qu'il soutient maintenant après l'avoir combattue autrefois.

Agréez, etc. P. A. SECCHI,
Directeur de l'Observatoire du Collége romain.

A. MOUSSON. SUR L'ÉBULLITION D'UN LIQUIDE ANIMÉ D'UN MOUVEMENT DE ROTATION. (*Kleine physicalische Mittheilungen.* Zurich, 1866.)

M. Mousson a été amené par hasard à étudier un cas particulier et intéressant de l'ébullition de l'eau. Dans une autre série de recherches, il avait dû maintenir de l'eau distillée continuellement en ébullition pendant plusieurs heures, et cela dans un grand ballon à fond plat d'une contenance de trois litres environ, chauffé par une lampe à gaz. Cette ébullition n'était plus que très-faible, quoique favorisée par de la tournure de cuivre inégalement distribuée sur le fond du ballon, et il ne se formait que de rares bulles de vapeur qui conservaient leur dimension pendant tout leur parcours au travers du liquide, montrant par là l'égale répartition de la température dans son intérieur.

Cela étant et dans le but de rassembler la tournure de cuivre

au-dessus de la flamme, il fut imprimé au ballon un mouvement de rotation qui transforma immédiatement les conditions de l'ébullition. Il se produisit en effet dans l'intérieur du liquide sur l'axe de rotation un tourbillonnement très-énergique, une sorte de colonne d'eau de 8 à 10^{mm} de section au plus, tournant très-rapidement en entraînant avec elle, surtout dans sa partie inférieure, une multitude de particules de cuivre; et au milieu de cette colonne un dégagement constant de bulles de vapeur très-petites, très-rapprochées et constituant par moment un canal continu de 1^{mm} de section environ.

En même temps, tout dégagement de vapeur cessa partout ailleurs dans le liquide. Cette colonne se déplaçait lentement, entraînant d'autres parties de la masse liquide et d'autres particules métalliques. Tantôt elle se dressait toute droite; tantôt, au contraire, elle s'inclinait ou s'élevait en spirale. M. Mousson a vu se prolonger parfois jusqu'à 5 minutes ce phénomène fort curieux, d'une colonne d'eau tournoyant rapidement au milieu de la masse liquide, tandis que celle-ci demeurait à peu près immobile.

Pour ce qui est de l'interprétation à donner à ce phénomène; le déplacement de la colonne dans l'intérieur du vase montre tout d'abord clairement qu'il ne tient pas à des inégalités, ni à des particularités quelconques du fond du ballon, ni à une action spéciale des particules de cuivre, deux conditions qui interviennent parfois dans l'ébullition des liquides. Il doit donc provenir du mouvement de rotation et de la diminution de pression que la force centrifuge détermine pour les particules liquides situées sur l'axe de rotation. A cela doivent s'ajouter pour la continuation du phénomène: d'abord l'action des bulles de vapeur qui, par la discontinuité qu'elles produisent dans la colonne d'eau, en facilitent l'échauffement en en diminuant le frottement: ensuite la mobilité excessive des liquides en ébullition.

M. Mousson justifie cette explication par le calcul suivant:

Appelant ω la section d'un élément cylindrique du liquide, r sa distance à l'axe, s le poids spécifique du liquide, u la vitesse angulaire, on a pour la masse de cet élément :

$$\frac{s}{g} \omega dr$$

et pour la force centrifuge correspondante :

$$\frac{s}{g} \omega u^2 r dr$$

qui doit être égalée à l'augmentation de pression ωdp donc :

$$dp = \frac{s}{g} u^2 r dr$$

supposant que u soit le même pour tous les éléments (ce qui n'est pas vrai ici, puisque le liquide tournant est retardé sur sa périphérie par la masse en repos) et intégrant de $r=o$ jusqu'à $r=R$, on aura comme expression de la diminution de pression sur l'axe de rotation :

$$\Delta p = \frac{s}{2g} u^2 R^2$$

elle est donc proportionnelle aux carrés de la vitesse angulaire et du rayon de la colonne d'eau, ou au carré de la vitesse absolue de la périphérie de cette colonne.

En désignant par n le nombre de tours accomplis en une seconde, on a :

$$\Delta p = \frac{2\pi^2 s}{g} n^2 R^2 :$$

d'où, en appelant h la hauteur de la colonne de mercure correspondant à la pression p, et Δt l'abaissement du point d'ébullition correspondant d'après M. Regnault à la diminution de pression Δh, on trouve pour les différentes valeurs de n

$n=$	1	10	20	30	40	50	100	
$\Delta p=$	0,013	1,288	5,153	11,595	20,613	32,208	128,830	gr. par centim.²
$\Delta h=$	0,009	0,956	3,825	8,605	15,298	23,904	95,616	millimètres.
$\Delta t=$	0°,0003	0°,036	0°,143	0°,321	0°,571	0°,892	3°,569	

Il suit de là que la vitesse de rotation doit être considérable pour produire un abaissement sensible du point d'ébullition, et de plus que le dégagement de vapeur, pour s'effectuer uniquement suivant l'axe de rotation, exige une grande égalité de la température dans toute la masse liquide.

Les conditions supposées dans ce calcul sont celles d'un vase plein d'eau tournant au moyen de la machine à force centrifuge. M. Mousson a aussi réalisé ce cas, et après avoir amené en ébullition l'eau renfermée dans le vase ainsi disposé, il lui a communiqué une vitesse de rotation de 10 à 12 tours par seconde. A l'instant même les bulles de vapeur partant du fond du vase se précipitèrent vers l'axe de rotation et se mirent à monter en spirale autour de cet axe. Cette expérience est tout autre que la première, les bulles de vapeur étant déjà formées quand la force centrifuge agit sur elle. Il y a simplement ici séparation de l'eau et de la vapeur, suivant l'ordre de leurs densités sous l'action de la force centrifuge.

En éteignant la lampe sous l'appareil de rotation, on pourra faire que tout dégagement de vapeur cesse partout ailleurs que sur l'axe de rotation, comme dans la première expérience; mais le phénomène n'est jamais net dans ce cas à cause de la trop grande extension du mouvement de rotation dans la masse liquide.

On reconnaît du reste facilement la différence qui existe pour la diminution de pression provenant de la force centrifuge, entre le cas d'une masse liquide tournant tout entière avec le vase qui la renferme, et celui d'une colonne d'eau tournant librement au sein de ce liquide partout ailleurs en repos. Dans le premier cas, en effet, la surface affecte une forme parabolique, conséquence d'une décroissance de pression graduelle et faible; dans le second, au contraire, elle se creuse profondément en entonnoir, dénotant ainsi une diminution de pression rapide.

Pour ramener plus nettement la seconde expérience à la

première, M. Mousson a introduit dans le vase tournant sur l'appareil à force centrifuge quatre palettes en cuivre, laissant entre elles une colonne d'eau libre de 6^{mm} de section et arrêtant le mouvement de liquide partout ailleurs; mais par là on n'obtient toujours qu'une reproduction incomplète du phénomène primitivement observé.

En tous cas, de tout ce qui précède, il est permis de conclure que la force centrifuge exerce une double action sur l'ébullition d'un liquide animé d'un mouvement de rotation : 1° concentration des bulles de vapeur plus légères sur l'axe de rotation; 2° diminution de pression et, par conséquent ébullition locale sur l'axe de rotation.

G.-A. Hirn et A. Cazin. Expériences sur la détente de la vapeur d'eau surchauffée. (*Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, tome LXIII, p. 1144.)

Nous nous sommes proposé de traiter expérimentalement la question suivante : de la vapeur d'eau étant surchauffée, c'est-à-dire amené à une certaine température, et à une pression inférieure à la tension maxima relative à cette température, on lui fait subir une détente brusque pendant laquelle elle n'éprouve ni perte ni gain de chaleur, elle reste surchauffée, et elle surmonte une pression extérieure égale à chaque instant à sa force élastique : déterminer, dans ces circonstances, la pression et la température finale. Voici le principe de notre méthode :

La vapeur étant renfermée dans un réservoir, sous une pression supérieure à celle de l'atmosphère, on ouvre un large orifice, par lequel un jet s'élance brusquement au dehors. On peut imaginer une certaine surface qui sépare la vapeur en deux parties : l'une de ces parties est complétement expulsée; l'autre remplit exactement le réservoir à la fin de l'écoulement, et sa force élastique n'a pas cessé, pendant la détente, de faire l'équilibre à la pression exercée ex-

térieurement sur toute sa surface, de sorte que cette partie de la vapeur se trouve dans les conditions supposées. Il suffit donc de chercher la pression et la température finales de cette partie. Lorsque l'écoulement cesse, la pression cherchée est égale à celle de l'atmosphère ; il reste à déterminer la température. Pour cela, remarquons que trois cas peuvent se présenter : la vapeur restée dans le réservoir peut : 1° être encore surchauffée ; 2° avoir atteint exactement l'état de saturation ; 3° être sursaturée. Dans le premier cas, la pression finale est inférieure à la tension maxima relative à la température finale ; dans le second, cette pression est égale à cette tension ; dans le troisième, la pression finale est la même ; mais une partie de la vapeur s'est condensée en formant un brouillard visible dans le réservoir, s'il est muni de glaces parallèles. En faisant varier soit la pression initiale, soit la température initiale, de telle sorte que le brouillard diminue graduellement, on arrivera à le faire disparaître, et on réalisera à cet instant la détente dans des conditions très-voisines de celles qui conviennent au second cas. En prenant la pression de l'atmosphère pour la tension maxima de la vapeur, on cherchera dans les Tables de M. Regnault la température relative à cette tension, et on obtiendra la température cherchée avec une certaine approximation. Ainsi, pas de thermomètre ; la vapeur, en se détendant, nous révèle sa propre température lorsqu'elle se trouble, et nous n'avons qu'à observer dans quelles circonstances ce trouble cesse de se produire. Cette méthode nouvelle est d'une sensibilité suffisante : elle nous a permis de résoudre la question proposée avec un succès inespéré.

Le réservoir à glaces parallèles est celui de l'Association scientifique de France, que l'un de nous a fait construire pour une autre étude entreprise à l'Observatoire de Paris, sous les auspices de M. Le Verrier. Il se compose essentiellement d'un cylindre horizontal en cuivre, d'une capacité de 7 litres environ, portant les glaces à ses extrémités, et chauffé par

un bain d'huile. Nous avons adapté à ce cylindre un gros robinet de 4 centimètres carrés d'ouverture, pour l'échappement de la vapeur. La durée de l'écoulement était assez petite pour que l'on pût négliger l'action échauffante des parois pendant la détente. Nous avons joint à cet appareil une chaudière à vapeur d'une capacité de 180 litres, assez grande pour qu'il fût très-facile d'y maintenir une pression constante, et enfin un manomètre à air libre, disposé avec toutes les précautions nécessaires pour que les mesures fussent exactes. Les expériences ont été faites au mois de septembre dernier, dans l'usine de la maison Haussmann, Jordon, Hirn et Ce, au Logelbach, près Colmar, laquelle nous offrait de précieuses ressources.

Le bain de l'huile étant porté à une température donnée, et l'eau de la chaudière à une température inférieure à la précédente, on faisait passer à travers le cylindre une assez grande quantité de vapeur pour en chasser l'air. On fermait le robinet d'échappement; on maintenait la pression constante, et on chauffait le tuyau de communication de la chaudière avec le cylindre, afin que la vapeur de ce dernier fût bien sèche. On observait la pression et la température du bain d'huile. Interrompant alors la communication, et ouvrant le gros robinet, on observait à travers les glaces un écran de papier fortement éclairé, ou une glace réfléchissant la lumière du ciel. On répétait l'expérience à la même température, mais avec diverses pressions initiales. Supposons qu'on parte d'une pression assez forte; on observe un épais brouillard. Si l'on opère ensuite à des pressions décroissantes, le brouillard diminue, passe par une série de teintes, et finit par ne plus apparaître: on a alors dépassé la limite cherchée. En faisant croître la pression, on retrouve le brouillard; et, en répétant les observations sous les pressions alternativement croissantes et décroissantes, on arrive à évaluer la pression initiale qui correspond à la limite cherchée avec une erreur absolue de $^1/_{50}$ d'atmosphère.

Nous rassemblons dans un tableau les résultats de dix séries d'observations ; le degré de température est celui du thermomètre à air.

Pression initiale.	Température initiale.	Pression finale.	Température finale.
atm.	o	atm.	o
1.307	131,5	0,984	99,6
1,685	151,8	0,984	99,6
2,115	174,0	0,981	99,5
2,219	179,8	0,981	99,5
2,451	189,2	0,979	99,4
2,528	192,2	0,981	99,5
2,636	197,8	0,975	99,3
3,231	219,4	0,975	99,3
3,743	239,0	0,967	99,1
4,275	254,7	0,967	99,1

D'après nos expériences, la loi de la détente de la vapeur d'eau surchauffée ne peut être représentée par la formule connue de Laplace et Poisson, à laquelle on est conduit lorsqu'on admet les lois de Mariotte et de Gay-Lussac, et l'équivalence de la chaleur sensible disparue dans la détente et du travail externe seul. Mais si l'on admet que la chaleur est consommée, non-seulement par le travail externe, mais encore par un certain travail interne, on arrive à une solution théorique qui concorde très-bien avec les faits observés. Il suffit de joindre, à l'équation qui exprime l'équivalence de la chaleur disparue et du travail total produit, une autre équation qui remplace l'expression des lois de Mariotte et de Gay-Lussac, et dont celle-ci n'est qu'un cas particulier, par approximation. Cette formule générale, applicable à tous les corps, peut être démontrée rationnellement d'après les principes de la thermodynamique (G.-A. Hirn, *Exposition analytique et expérimentale de la théorie mécanique de la chaleur*, 2e édit., p. 207). Non-seulement nos expériences prouvent

l'existence du travail interne dans la détente de la vapeur, mais encore elles confirment l'une des conséquences de la nouvelle théorie, et donnent un moyen de mesurer le travail interne.

CHIMIE.

A. BRESTER, Jz. RECHERCHES ÉLECTROLYTIQUES. (*Archives néerlandaises des Sciences exactes et naturelles.* 1866. tome I, p. 296.)

Ces recherches ont été publiées sous forme de thèse inaugurale, soumise par l'auteur à la Faculté des Sciences de l'université d'Utrecht, pour obtention du grade de docteur ès sciences physiques et mathématiques. Un assez grand nombre de composés divers, tant organiques qu'inorganiques, s'y trouvent étudiés, avec soin, sous le rapport de phénomènes qu'ils présentent lorsqu'on les soumet à l'action décomposante du courant galvanique. Pour le détail des expériences nous devons renvoyer au mémoire original; nous nous bornons ici à reproduire le résumé dans lequel l'auteur a formulé les résultats essentiels de son travail.

§ 1. 1° L'hydrogène qui se dégage par l'action du zinc ou du fer sur l'acide sulfurique étendu, ne réduit pas une dissolution de sulfate d'argent, mais bien une dissolution de nitrate d'argent.

2° Il en est de même de l'hydrogène qui résulte de la décomposition de la vapeur d'eau par le fer porté à l'incandescence : il ne réduit pas la dissolution de sulfate d'argent, mais bien celle de nitrate d'argent.

3° L'hydrogène qui se dégage à une cathode en platine, dans l'électrolyse de l'acide sulfurique étendu, se comporte encore de la même manière : sans action sur la solution de sulfate d'argent, il réduit celle de nitrate d'argent.

4° L'hydrogène qu'on recueille à une cathode en platine lorsqu'on soumet à l'électrolyse, selon la prescription de

Osann, une solution aqueuse d'acide sulfurique de Nordhausen récemment distillé, fait naître, il est vrai, un dépôt noir, abondant, dans une dissolution de sulfate d'argent : mais ce dépôt ne se compose que de sulfure d'argent, et non d'argent métallique.

5° L'hydrogène qui se sépare dans l'électrolyse de l'acide sulfurique étendu, quand on se sert d'une cathode en charbon, est également incapable de réduire une solution de sulfate d'argent.

6° L'hydrogène obtenu par l'électrolyse ne diffère donc pas de l'hydrogène ordinaire dans la manière dont il se comporte à l'égard des sels argentiques.

§ 2. Une cathode en platine qui, après avoir servi à opérer l'électrolyse de l'acide sulfurique étendu, est plongée immédiatement après dans une dissolution de sulfate d'argent, effectue parfois la réduction du sel, mais le plus ordinairement elle ne le réduit pas.

§ 3. La combinaison qui se fait fréquemment entre l'hydrogène séparé électrolytiquement et l'électrode négative, a lieu également quand cette électrode est en platine.

§ 4. 1° Lorsque l'acide nitrique ne dégage aucun gaz à la surface d'une électrode négative en platine ou en charbon, l'acide est réduit à l'état d'ammoniaque.

2° Dans l'électrolyse de l'acide nitrique concentré, un même courant ne dégage absolument aucun gaz à une cathode en platine ou en charbon, tandis qu'il en sépare une faible quantité à une cathode en fer rendu passif.

§ 5. 1° Si dans l'électrolyse de l'acide nitrique on emploie une anode en fil de platine et une cathode en fil d'argent, et qu'après les avoir rapprochées jusqu'au contact, au sein de l'électrolyte, on les sépare ensuite, l'anode prend une couleur brun foncé à l'endroit qui avait été touché par la cathode.

2° C'est fréquemment de ce même point que part d'abord le dégagement gazeux, qui s'étend ensuite rapidement sur toute la surface de l'anode, ordinairement après disparition de la couleur brun foncé.

3° Une anode en platine, une fois qu'elle a acquis la propriété de se colorer en brun au moment où l'on ferme le circuit, conserve cette propriété lors même qu'on retire et replonge 5 ou 6 fois de suite la cathode dans le liquide.

4° Une anode en fil de platine montre, après avoir été mise en contact avec une cathode en fil d'argent, la même coloration brune dans l'acide sulfurique concentré que dans l'acide nitrique.

5° Cette coloration brune ne se produit pas dans l'acide nitrique rouge, fumant, dans les sulfates, les nitrates, la potasse caustique, l'acide chlorhydrique, l'acide phosphorique, l'acide sulfurique étendu.

§ 6. Lorsqu'on conduit le courant galvanique, par l'intermédiaire de deux électrodes en fil de platine, à travers de l'acide nitrique rouge, fumant, aucun gaz n'est mis en liberté, dans les premiers temps, ni à l'une ni à l'autre électrode, et autour du pôle positif, NO_4 est entièrement changé en NO_5 par oxydation. Autour du pôle négatif, NO_5 est réduit en NH_3 pendant toute la durée de l'électrolyse.

§ 7. 1° Quoique Davy ait fait usage d'une batterie de 200 éléments pour mettre le potassium en liberté dans la potasse caustique fondue, une batterie de 6 éléments de Bunsen se montre déjà capable de produire à la surface de la cathode un phénomène de lumière dû également, selon toute probabilité à la combustion de potassium.

2° Dans l'électrolyse de la potasse caustique fondue, une anode, soit de platine, soit d'argent ou de cuivre, se dissout dans l'alcali en fusion, et les métaux nommés se déposent de nouveau sur la cathode.

3° Cette électrolyse est accompagnée de nombreux phénomènes secondaires.

4° Même sans électrolyse, l'argent se dissout en assez grande quantité dans la potasse caustique fondue.

§ 8. 1° L'électrolyse de la soude caustique fondue manifeste des phénomènes analogues à ceux qu'on observe dans l'électrolyse de la potasse caustique fondue.

2° Lorsque l'électrolyse des alcalis fondus se fait entre une cathode en fil de platine et une anode en fil d'argent, il se forme autour de la cathode un enduit qui est composé en grande partie d'argent, mais qui laisse pourtant, quand on le traite par l'acide nitrique, un résidu pulvérulent, noir, très-probablement de platine.

§ 9. Dans l'électrolyse du sulfate de soude fondu, entre deux électrodes en platine, du sodium est mis en liberté au pôle négatif et il se combine avec le platine de la cathode.

§ 10. 1° Lorsque du chlorate de potasse fondu est décomposé entre une anode en platine et une cathode en platine ou en cuivre, il se sépare du potassium au pôle négatif, lequel potassium s'unit au platine ou au cuivre de la cathode.

2° Dans cette même électrolyse, il arrive au pôle positif un mélange de chlore et d'oxygène, mélange dont l'oxygène présente l'odeur du phosphore et donne lieu à d'épaisses vapeurs blanches quand on le met au contact avec de l'eau.

§ 11. 1. Quand on décompose de l'acide formique concentré, entre deux lames de platine traversées par le courant de six éléments de Bunsen, il se sépare au pôle positif un mélange de 2 volumes d'acide carbonique et 1 volume d'oxygène.

2° Quand la décomposition de l'acide formique concentré se fait par un courant de même force, mais entre deux électrodes en fil de platine, le mélange qui se dégage au pôle positif est formé de 4 volumes d'acide carbonique et 1 volume d'oxygène.

3° Dans cette dernière électrolyse, le cathion gazeux occupe un volume beaucoup moindre que le double de celui de l'anion gazeux.

§ 12. 1° A mesure que *n* prend une valeur plus grande dans la formule générale $C_n H_n O_4$ des acides gras, ces acides se montrent des conducteurs de plus en plus imparfaits du courant galvanique.

2° Soumis à l'action de six éléments de Bunsen, l'acide acétique étendu dégage de l'oxygène pur à l'anode en platine.

3° L'acide acétique concentré, l'acide butyrique et l'acide valérianique conduisent encore très-faiblement le courant d'une batterie de six éléments de Bunsen.

4° L'acide palmitique et l'acide stéarique, à l'état fondu, isolent parfaitement le courant d'une batterie de huit éléments de Bunsen.

§ 13. 1° L'acide benzoïque (C_{14} H_6 O_4), à l'état de fusion, ne conduit pas le courant de 8 éléments de Bunsen.

2° Quand une dissolution aqueuse d'acide benzoïque, saturée à froid, est décomposée entre deux électrodes en platine, par le courant de 6 éléments de Bunsen, il se sépare de l'oxygène au pôle positif et une quantité équivalente d'hydrogène au pôle négatif.

3° Il est très-probable que, dans cette même électrolyse, il ne se sépare pas d'anhydride benzoïque au pôle positif.

4° Pendant cette électrolyse il arrive parfois que l'électrode négative, en fil de platine, se couvre d'un enduit noir qui disparaît à la lumière.

§ 14. 1° Dans l'électrolyse d'une dissolution aqueuse saturée d'acide cinnamique, par le courant de 5 éléments de Bunsen, le cathion gazeux occupe un volume précisément égal à 3 fois celui de l'anion gazeux.

2° Pendant cette électrolyse, de l'oxygène, de l'acide carbonique et des cristaux d'acide cinnamique se séparent à l'anode en platine.

§ 15. 1° Dans l'électrolyse de l'acide lactique étendu, par le courant de 6 éléments de Bunsen, le cathion gazeux prend un volume environ 7 fois plus considérable que celui de l'anion gazeux.

2° Cet anion gazeux renferme 1 volume d'acide carbonique pour 4 volumes d'oxygène.

§ 16. 1° Dans l'électrolyse d'une dissolution aqueuse saturée d'acide oxalique, il se dégage, au pôle négatif d'une batterie de 6 éléments de Bunsen, 2 fois plus de gaz qu'au pôle positif.

2° L'anion gazeux qui résulte de cette électrolyse se compose de 2 volumes d'acide carbonique et 1 volume d'oxygène.

§ 17. 1° Dans l'électrolyse d'une dissolution aqueuse saturée d'acide tartrique, il se sépare de l'hydrogène au pôle négatif d'une batterie de 7 éléments de Bunsen, et une quantité équivalente d'oxygène au pôle positif.

2° Pendant cette électrolyse, une électrode négative de platine en lame se couvre quelquefois d'un enduit noir, qu'aucun acide ne parvient à dissoudre, mais qui se décompose à la lumière.

3° Il serait difficile de voir dans cet enduit noir autre chose que de l'hydrure de platine.

§ 18. 1° L'anion gazeux qui est mis en liberté dans l'électrolyse de la combinaison d'une base inorganique avec un acide organique, diffère beaucoup, en général, de l'anion gazeux qui se sépare dans l'électrolyse de l'acide faisant partie de cette combinaison, l'acide étant employé à l'état isolé.

2° Dans l'électrolyse d'une dissolution aqueuse (dens. 1,197) de formiate de soude, il se separe de l'acide carbonique pur au pôle positif d'une batterie de 6 éléments de Bunsen.

3° Pendant cette électrolyse il se forme un léger précipité rouge brun autour de chacune des deux électrodes en platine.

§ 19. 1° Dans l'électrolyse d'une dissolution aqueuse de valérianate de potasse par le courant de 6 éléments de Bunsen, l'anion gazeux se compose de :

52,91 volumes d'acide carbonique,
37,37 » de butylène,
9,71 » d'oxygène.

2° Dans l'électrolyse du palmitate de soude fondu, au moyen du courant de 5 éléments de Bunsen, du gaz se dégage à chacune des deux électrodes en platine, et en même temps le platine du fil négatif se combine avec du sodium.

3° Ce qui se passe dans l'électrolyse du sulfate de soude fondu, dans celle du chlorate de potasse fondu et dans celle du palmitate de soude fondu, se retrouve dans l'électrolyse

du savon sodique fondu : une partie du métal alcalin mis en liberté au pôle négatif s'unit à la cathode en fil de platine.

4° L'axonge fondue et le suif fondu isolent parfaitement le courant d'une batterie de 10 éléments de Bunsen.

§ 20. 1° Dans l'électrolyse d'une dissolution saturée et neutre de benzoate de potasse, de l'acide benzoïque et de l'oxygène se séparent au pôle positif d'une batterie de 5 à 8 éléments de Bunsen, et de l'hydrogène au pôle négatif.

2° Le volume de l'oxygène dégagé dans cette électrolyse est un peu moindre que la moitié du volume de l'hydrogène mis en liberté.

3° Après une électrolyse continuée pendant 48 heures, le benzoate de potasse se colore en brun jaunâtre autour de l'électrode positive en platine.

§ 21. 1° Une dissolution aqueuse saturée de cinnamate de soude, se décompose, sous l'influence du courant de 5 éléments de Bunsen, en acide cinnamique, soude, oxygène et hydrogène.

2° Une partie de l'acide cinnamique séparé dans cette électrolyse, est transformée, par l'oxygène mis en liberté, en huile d'amandes amères et acide carbonique.

3° Dans l'électrolyse des dissolutions aqueuses de plusieurs acides organiques, ainsi que des sels de ces acides, ce n'est pas l'anhydride de l'acide, mais l'acide lui-même qui est mis en liberté.

§ 22. 1° L'anion gazeux d'une dissolution aqueuse concentrée de lactate de potasse n'occupe pas, à beaucoup près, la moitié du volume du cathion gazeux; il se compose, dans le cas où l'on se sert du courant de 6 éléments de Bunsen, de 86 volumes d'acide carbonique et 4 volumes d'oxygène.

2° Pendant l'électrolyse du lactate de potasse, il se forme la résine aldéhydique.

§ 23. 1° Dans l'électrolyse d'une dissolution saturée de malate de potasse, et en faisant usage du courant de 5 éléments de Bunsen, l'anion gazeux occupe un volume égal aux $^2/_9$ du volume du cathion gazeux.

2° 33,5 volumes de l'anion gazeux se composent de 32 volumes d'acide carbonique et 1,5 volume d'un gaz qui, étant enflammé, brûle avec une flamme claire et brillante.

3° Dans cette électrolyse, outre l'acide malique, il se sépare encore un acide volatil au pôle positif.

4° La dissolution de malate de potasse se colore, autour de l'anode en platine, en jaune clair pendant l'électrolyse, et au bout de huit jours, sans nouvelle action du courant, en brun rougeâtre.

§ 24. 1° L'eau sucrée, d'une densité de 1,13, offre au courant d'une batterie de 4 éléments de Bunsen, une conductibilité environ 39 fois moindre que celle de l'acide sulfurique d'une densité de 1,24.

2° A mesure que la densité de l'eau sucrée s'élève, à partir de 1, son pouvoir conducteur augmente d'abord pour décroître ensuite.

3° Dans l'électrolyse de l'eau sucrée, entre deux électrodes en fil de platine, le rapport entre le volume du cathion gazeux et celui de l'anion gazeux se rapproche de plus en plus de 2 à mesure que l'intensité du courant augmente.

4° Le mélange des ions gazeux ne renferme pas d'acide carbonique dans les premiers instants qui suivent celui où l'électrolyse a commencé, mais il en contient 6,6 p. c. au bout de 48 heures.

5° L'eau sucrée que traverse le courant de 6 éléments de Bunsen, amené par deux électrodes en fil de platine, devient acide, acquiert des propriétés réduisantes énergiques, et est précipitée par l'acétate de plomb neutre.

6° L'eau sucrée électrolysée, lorsqu'on la chauffe au bain-marie, change très-promptement de couleur et laisse distiller un liquide acide, incolore et limpide, qui jouit de propriétés réduisantes énergiques, ne contient ni acide formique, ni acide acétique, et ne précipite pas l'acétate de plomb neutre.

7° En prolongeant l'électrolyse de l'eau sucrée, l'acide qui s'était formé d'abord est décomposé et oxydé à son tour.

8° Quand l'eau sucrée conduit, entre une cathode en fil de platine et une anode en fil de fer, le courant de 7 éléments de Bunsen, il ne se dégage du gaz qu'à la cathode, tandis qu'à l'anode, il se sépare un corps vert, floconneux, qui, dans les points où il arrive en contact avec l'air, se décompose en un acide faible et en hydrate de peroxyde de fer.

9° Une anode en cuivre ne laisse également dégager aucun gaz dans l'électrolyse de l'eau sucrée, mais sépare un corps bleu verdâtre, peu stable.

10° Une anode en zinc, employée à l'électrolyse de l'eau sucrée, se couvre d'un corps blanc, floconneux, qui, lavé et séché, se trouve être formé d'hydrate d'oxyde de zinc.

§ 25. 1° Dans les dissolutions aqueuses de fécule, de dextrine et de gomme arabique, une anode en fil de fer se recouvre également d'un sel de protoxyde de fer, vert et floconneux, dont la base, sous l'influence de l'oxygène de l'air, se change en peroxyde de fer en abandonnant l'acide.

2° Aussi longtemps que le corps vert qui s'est formé dans une dissolution de fécule reste sans altération, cette dissolution ne réduit pas la liqueur d'essai des matières sucrées; mais elle opère cette réduction quand le corps vert a pris une couleur rouge.

3° Une dissolution de fécule qui conduit, entre deux électrodes en fil de platine, le courant d'une batterie de 6 éléments de Bunsen, présente encore une réaction neutre même au bout de 5 jours, et ne se change pas en sucre.

4° Le collodion conduit très-mal le courant de 8 éléments de Bunsen, mais donne pourtant une faible quantité de gaz à la cathode lorsqu'on rapproche les deux électrodes tout près l'une de l'autre.

5° Dans cette électrolyse, une anode en platine se couvre d'une substance gélatineuse, incolore et transparente, qui, étant séchée puis allumée, brûle rapidement et avec déflagration, à la manière du fulmi-coton.

J. Regnauld. Sur les changements inverses de volume consécutifs a la formation des sels ammoniacaux et des sels alcalins au sein de l'eau. *(Comptes rendus de l'Académie des sciences*, tome LXIII, page 1124.)

La présente Note contient l'analyse de recherches sur l'origine des changements permanents de volume qu'éprouvent les dissolutions aqueuses des bases, lors de leur combinaison avec les acides dilués.

Le tableau suivant résume plusieurs séries d'essais portant sur l'ammoniaque, la potasse et la soude successivement mélangées à divers acides, de manière à produire des sels neutres. Toutes ces dissolutions, sous un même volume (100 centimètres cubes) et à une même température (+15 degrés), étaient chimiquement équivalentes; les quantités de bases employées à les préparer étant capables de neutraliser un même poids ($12^{gr},8$) d'acide oxalique pur, séché à +100 degrés. Leur concentration nécessairement limitée par la solubilité du sel le moins soluble des trois groupes était telle, qu'un équivalent de base, d'acide ou de sel, se trouvait dissous à +15 degrés dans environ 36 équivalents d'eau. L'état liquide des éléments chimiques mis en présence et des composés nouveaux qu'ils engendrent, est une condition indispensable de ce genre d'étude.

Toutes les déterminations expérimentales ont été faites à +15 degrés; d exprime la densité des solutions basiques, d' celle des solutions acides équivalentes, d'' celle des mélanges à volume égal ou des sels résultants. La quatrième colonne contient les densités calculées des mélanges $\delta = \frac{d+d'}{2}$. En supposant $V = \frac{1}{\delta}$, le volume calculé de 1 gramme de l'un des mélanges et $V' = \frac{1}{d''}$, son volume réel, on a, pour les contractions

$$\frac{V-V'}{V} = 1 - \frac{\delta}{d''},$$

et, pour les dilatations.

$$\frac{V'-V}{V}=\frac{\delta}{d''}-1\ ;$$

ces valeurs sont inscrites à la cinquième colonne du tableau I.

Tableau I.

SELS FORMÉS (1 équiv.)	d'	d''	δ	$1-\frac{\delta}{d''}$
Ammoniaque (1 équiv.)... $d=0,9789$ à $+15^o$				
Sulfate ammonique....	1,0928	1,0551	1,0338	0,0082
Nitrate —	1,0970	1,0466	1,0379	0,0084
Chlorure —	1,0485	1,0226	1,0137	0,0087
Acétate —	1,0259	1,0241	1,0024	0,0212
Tartrate —	1,0917	1,0583	1,0353	0,0218
Citrate —	1,0846	1,0559	1,0317	0,0229
SELS FORMÉS (1 équiv.)	d'	d''	δ	$\frac{\delta}{d''}-1$
Hydrate potassique (1 équiv.) $d=1,1336$ à $+15^o$.				
Sulfate potassique.....	1,0928	1,0954	1,1132	0,0162
Nitrate —	1,0970	1,0859	1,1153	0,0270
Chlorure —	1,0485	1,0642	1,0910	0,0251
Acétate —	1,0259	1,0676	1,0797	0,0113
Tartrate —	1,0917	1,0997	1,1126	0,0118
Citrate —	1,0846	1,0965	1,1091	0,0115
Hydrate sodique (1 équiv.) $d=1,1172$ à $+15^o$.				
Sulfate sodique	1,0928	1,0882	1,1050	0,0155
Nitrate —	1,0970	1,0789	1,1071	0,0261
Chlorure —	1,0485	1,0575	1,0828	0,0239
Acétate —	1,0259	1,0595	1.0715	0,0113
Tartrate —	1;0917	1,0923	1,1048	0,0119
Citrate —	1,0846	1,0884	1,1009	0,0115

L'inspection de ce tableau montre que les solutions aqueuses

d'ammoniaque et des hydrates de potasse et de soude se comportent d'une façon inverse en présence des acides ; la première subit une contraction, tandis que les deux autres éprouvent une augmentation considérable de volume. Ainsi des phénomènes en apparence de même ordre, dérivant d'une action chimique qui se mesure par un puissant dégagement de chaleur (Favre et Silbermann), offrent entre eux, sous le rapport des changements de volume qui en sont la conséquence, une distinction fondamentale.

Indépendamment de ce fait principal, l'examen de ces nombres met en évidence le rôle prépondérant de la base, puisque, dans les combinaisons de l'une d'elles avec les acides les plus différents, le sens de la variation est toujours identique. Il importe d'observer néanmoins que le nouvel état d'équilibre dépend partiellement de la nature de l'acide, car, pour une même base, les changements de volume, bien que constamment de même signe, ont des valeurs plus ou moins grandes, suivant l'acide qui concourt à la formation du sel. A un point de vue plus spécial, on constate que, pour 1 équivalent de potasse et de soude, les dilatations consécutives à la production des sels correspondants sont à peine différentes, ce qui est d'accord avec l'ensemble des caractères semblables que présentent ces deux hydrates métalliques.

Quant à la cause de ces phénomènes, elle paraît résider principalement dans la fonction remplie par l'eau dans la solution d'ammoniaque et dans les hydrates des métaux alcalins. L'ammoniaque Az H^3, malgré sa grande solubilité dans l'eau, ne contracte pas de combinaison stable avec les éléments de cette dernière. Elle est dissoute conformément aux lois de solubilité des gaz, se dégage intégralement dans le vide pneumatique, par l'application de la chaleur, ou par simple diffusion dans l'atmosphère. Sans rien préjuger sur l'existence d'un hydrate d'oxyde d'ammonium, on peut dire que ce liquide se comporte de la même façon que si les éléments du gaz Az H^3 étaient condensés physiquement par l'eau, comme

ils le sont par le charbon; l'anhydride carbonique CO^2 en solution dans l'eau, présente un cas semblable. La fixation intégrale de Az H^3 dans la molécule de l'hydrate acide se fait, au contraire, en vertu d'une action chimique rendue évidente par un dégagement de chaleur qui atteint presque celui que développent, dans les mêmes circonstances, les métaux les plus électropositifs. La contraction a donc lieu comme une conséquence normale de la génération des sels ammoniaques au sein d'un liquide chimiquement inerte.

Dans le cas des hydrates de potassium et de sodium, les choses se passent tout autrement; l'édifice nouveau ne se construit qu'aux dépens de matériaux déjà solidement unis. Ces hydrates sont assimilés depuis longtemps à des sels, et leur production donne lieu à un dégagement de chaleur et à une contraction. On peut même démontrer que, dans les hydrates définis, l'affinité de l'oxyde MO pour l'eau, est loin d'être épuisée. Elle se manifeste lors de leur mélange avec ce liquide, non-seulement par une élévation de température, mais encore par une contraction énergique; ce qui, du reste, s'observe également pour les hydrates acides. L'augmentation de volume qui suit la combinaison des alcalis et des acides dilués, doit donc être attribuée à la double décomposition en vertu de laquelle l'eau cesse simultanément de jouer le rôle d'acide dans l'hydrate alcalin, et celui de base dans l'acide. Il suffit, pour que cet effet se produise, que la condensation subie par les éléments du nouveau sel soit moindre que la dilatation résultant de la mise en liberté de ceux de l'eau par le double échange. Lorsqu'on réfléchit à l'énergie avec laquelle les anhydrides se constituent à l'état d'hydrates, cette interprétation prend une grande probabilité. La généralité de ces faits est mise en évidence dans le tableau II.

Tableau II.

SELS FORMÉS.	d'	d''	δ	$1-\frac{\delta}{d''}$
Éthylamine .... $d=0,9583$.				
Chlorure...........	1,0656	1,0154	1,0119	0,0035
Nicotine .... $d=1,0282$.				
Sulfate.............	1,0889	1,0775	1,0585	0,0177

SELS FORMÉS.	d'	d''	δ	$\frac{\delta}{d''}-1$
Lithine .... $d=1,0228$.				
Sulfate lithique.......	1,0804	1,0447	1,0516	0,0065
Nitrate —	1,0310	1,0183	1,0269	0,0084
Chlorure —	1,0150	1,0103	1,0189	0,0085
Baryte .... $d=1,0254$.				
Nitrate barytique	1,0114	1,0150	1,0184	0,0033
Chlorure —	1,0059	1,0113	1,0156	0,0042
Acétate —	1,0057	1,0145	1,0155	0,0010
Chaux .... $d=1,0016$.				
Chlorure calcique	1,0002	1,0005	1,0009	0,0004
Oxyde de thallium, Tl O...... $d=1,0382$.				
Nitrate thalleux......	1,0076	1,9177	1,0204	0,0026
Oxyde de tétréthylammonium.. $d=1,0036$.				
Sulfate.............	1,0174	1,0068	1,0105	0,0036
Chlorure............	1,0081	1,0012	1,0058	0,0045

La faible solubilité de quelques-uns des composés employés, la difficulté extrême de préparer ou de purifier quelques autres, ne m'ont pas permis d'opérer sur des quantités équivalentes entre elles, comme dans les cas exposés plus

haut, mais la condition de former des sels neutres étant satisfaite, le sens des phénomènes est parfaitement clair. Les deux premières expériences portant sur l'*éthylamine* et sur la *nicotine*, prouvent que les solutions aqueuses de ces bases diminuent de volume, comme l'ammoniaque, lors de leur combinaison avec les acides dilués. Je crois, d'après ces exemples, que les ammoniaques composées, découvertes par M. Wurtz, appartiennent à ce premier groupe, lequel doit également comprendre tous les alcaloïdes dont les sels se forment sans élimination d'eau, c'est-à-dire, par une simple addition de leurs éléments à ceux de l'acide hydraté.

Les déterminations opérées au moyen de la *lithine*, de la *baryte*, de la *chaux*, et du *protoxyde de thallium*, démontrent que les oxydes métalliques susceptibles de former des hydrates solubles, doivent être rangés dans la série dont l'hydrate de potasse est le type. Enfin, à cette seconde classe se rattache une des bases les plus intéressantes de la chimie organique, l'oxyde de tétréthylammonium, sur lequel j'ai pu expérimenter, grâce à l'obligeant concours de M. Wurtz. La production des sels de tétréthylammonium s'accompagne d'une dilatation permanente. Ce caractère, joint à l'action de l'hydrate de tétréthylammonium sur les corps gras et sur l'éther oxalique, contribue à le distinguer de la solution du gaz $Az H^3$ et complète l'ensemble des analogies qui existent entre cette base organique et l'hydrate de potasse, analogies signalées dans le mémorable travail où M. Hofmann a fait connaître sa découverte.

Quelle que soit l'explication de ces faits, leur connaissance deviendra peut-être utile dans certaines études de thermochimie. On sait, par exemple, que MM. Hess et Andrews, en Angleterre, MM. Favre et Silbermann, en France, ont étudié les phénomènes calorifiques qui accompagnent la saturation des bases solubles par les acides, en se plaçant dans des conditions semblables à celles qui ont été réalisées dans les expériences précitées. La conclusion générale de leurs détermi-

nations est que les quantités de chaleur dégagées par une base quelconque se combinant à un acide quelconque au sein d'une masse d'eau suffisante, sont peu différentes et semblent même converger vers l'égalité à mesure que la dilution s'accroît. Dans une discussion rigoureuse de ces problèmes complexes, il me paraît indispensable de tenir compte des changements définitifs de volume qui accompagnent ces actions chimiques, et d'augmenter ou de diminuer les résultats calorimétriques du nombre d'unités de chaleur équivalant au travail nécessaire pour écarter ou rapprocher les molécules d'une façon permanente. L'action calorifique de chaque base et de chaque acide aura ainsi sa véritable caractéristique, que la dilution doit dissimuler bien plutôt qu'anéantir.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

Félix Plateau. Sur la force musculaire des insectes. Deuxième note[1]. (*Bulletin de l'Académie royale de Belgique*, 2e série, tome XXII, n° 11, 1866.)

Dans ce nouveau travail, M. Plateau cherche à combler quelques lacunes que présentait sa première note, et discute certaines objections auxquelles elle a donné lieu.

L'une des lois que l'auteur avait déduites de ses expériences, savoir que, dans un même groupe d'insectes, le plus léger présente, relativement à son poids, la force la plus grande, n'était pas vérifiée ou l'était incomplétement lorsque les espèces essayées offraient des poids voisins. Présumant que cette exception n'était qu'apparente et tenait à l'insuffisance du nombre des individus, représentant chaque espèce, M. Plateau a doublé le nombre de ces individus, c'est-à-dire l'a élevé à 12; avec ces nouvelles moyennes, nécessairement beaucoup plus rapprochées de l'exactitude, la loi ci-dessus

[1] Voir pour le résumé de la première note, *Archives*, 1866, tome XXV, p. 87.

est parfaitement satisfaite, tant par les rapports moyens que par les rapports maxima individuels, même pour des espèces dont les poids moyens sont aussi peu différents que ceux de la *Donacia nymphea* et du *Crioceris merdigera*. On n'oubliera pas que M. Plateau prend pour mesure de la force musculaire d'une espèce, le rapport entre le poids le plus grand auquel cette espèce peut, en moyenne, faire équilibre, et le poids moyen de cette même espèce.

L'auteur s'occupe ensuite d'une manifestation de la force musculaire qu'il n'avait pas étudiée dans son premier travail, c'est-à-dire du saut, et dans ce but soumet les orthoptères sauteurs à ses essais. Il s'est proposé de trouver quel est le poids maximum que ces insectes peuvent enlever en sautant. La méthode employée est analogue à celle qu'il a mise précédemment en usage pour le vol. Après avoir lié ensemble les ailes et les élitres de l'orthoptère en expérience, afin de n'obtenir que des résultats dus uniquement au saut, on attache, à l'aide d'un fil, une boulette de cire au thorax de l'animal, de façon que le poids de cette masse additionnelle passe autant que possible par le centre de gravité de l'insecte. Comme dans les expériences sur le vol, la masse de cire est choisie à dessein d'abord trop légère, de sorte que lorsqu'on oblige l'animal à sauter, il l'emporte facilement avec lui. On augmente ensuite graduellement cette masse par de nouvelles portions de cire, jusqu'à ce que l'insecte ne puisse plus la soulever que d'un centimètre environ au-dessus du sol. M. Plateau fait remarquer qu'on ne doit guère aller plus loin : en effet, le poids maximum absolu serait celui que l'animal ne pourrait soulever que d'une quantité infiniment petite, c'est-à-dire celui qui le clouerait sur le sol, et il serait difficile de savoir si l'on n'a pas dépassé ce point. On pèse alors la masse de cire, et l'on pèse également l'animal. Après avoir répété ces essais sur un nombre suffisant d'individus de chaque espèce, on calcule, comme dans les cas précédents, le rapport du poids moyen soulevé par chaque espèce, au

poids moyen de cette espèce. Voici le tableau des résultats fournis par deux espèces d'œdipodes dont l'auteur s'est spécialement occupé :

Insectes.	Nombres d'individus.	Poids moyens.	Poids moyens maxima soulevés.	Rapports moyens.	Rapports individuels maxima.
		grammes	grammes		
Œdipoda grossa..	12	0,646	1,064	1,647	2,513
Œdipoda parallela	12	0,194	0,638	3,288	4,450

Ce tableau confirme encore une fois la loi suivant laquelle les insectes, de quelque manière qu'on les envisage, ont une force musculaire relative, d'autant plus grande que leur poids et leur taille sont moindres.

Cette loi n'est pas seulement vraie lorsqu'on compare des espèces appartenant à la même sous-division entomologique : elle paraît s'appliquer dans une certaine mesure, et pour un même genre d'expériences, à la classe entière des insectes. Nous disons *dans une certaine mesure*, car si, pour la traction par exemple, on range suivant l'ordre croissant des poids moyens, les 21 espèces essayées par l'auteur, on constate que la série des rapports moyens correspondants qui représentent les forces, tout en manifestant une tendance à décroître depuis l'insecte le plus léger jusqu'au plus lourd, offre de nombreux écarts. Mais le résultat est nettement accusé si l'on partage l'ensemble des espèces en trois groupes, dont le premier renferme les insectes les plus légers, le second ceux d'un poids un peu supérieur, et le troisième les plus pesants ; et si l'on prend, pour chacun de ces groupes, la moyenne des rapports qui expriment la force. Dans le premier groupe formé par M. Plateau, les poids tous moindres qu'un décigramme, vont de $0^{gr},015$ à $0^{gr},090$; dans le second, les poids tous supérieurs à 1 décigramme, vont de $0^{gr},111$ à $0^{gr},540$; enfin, dans le troisième, ils vont de $0^{gr},940$ à $1^{gr},905$. En ce qui concerne le vol, les insectes sur lesquels l'auteur a expérimenté ayant tous des poids très-faibles, il n'a pu former que deux groupes, celui des espèces pesant moins d'un déci-

gramme, et celui des espèces dont les poids sont supérieurs à cette valeur. Le tableau ci-dessous renferme les résultats de ces distributions :

		Nombres d'espèces.	Moyennes des rapports moyens.
Traction	1er groupe....	9	26,2
	2me »	9	19,0
	3me »	3	9,2
Vol...	1er groupe....	7	1,3
	2me »	7	0,5

et l'on voit que les forces moyennes sont en sens inverse des poids. On peut donc admettre, semble-t-il, que, d'une manière générale et sans avoir égard aux affinités zoologiques, la force des insectes est d'autant plus considérable que leur poids et leur taille sont plus faibles. Quant aux écarts ci-dessus mentionnés, que l'on remarque en employant la première méthode, on doit les attribuer aux différences d'organisation des genres en présence.

Parmi les objections provoquées par la note précédente de M. Plateau, il en est une qui lui a été faite par les *Archives* même. Partant de l'hypothèse que la force est proportionnelle au volume des muscles, et trouvant que ces volumes diminuent chez les insectes dans une proportion plus rapide que les poids, M. Plateau était arrivé à cette conclusion qu'il faut attribuer la supériorité relative de la force des petites espèces à une plus grande part d'activité ou d'énergie musculaire. Or, voici l'objection « relativement à ce dernier point, nous ferons observer que le rapport entre la force motrice d'un animal et la masse de son corps, est d'autant plus défavorable que l'animal est plus gros. C'est ce qui a été démontré avec soin par M. Bergman. Le poids du corps augmentant suivant le cube, la force motrice mesurée par la section des muscles ne croît que suivant le carré, cette considération rend compte, au moins en partie, de la plus grande énergie des petites espèces [1]. »

[1] *Archives*, 1866, tome XXV, p. 90.

D'après M. Plateau, Straus d'Urkheim, dans son ouvrage sur l'*Anatomie comparée des animaux articulés* [1], avait, longlongtemps avant M. Bergman, émis et discuté le même principe. M. Plateau cite quelques passages, dans l'un desquels Straus démontre, en s'aidant de formules de dynamique et en s'appuyant sur le principe en question, que deux animaux de formes semblables, mais de dimensions différentes, doivent sauter à la même hauteur au-dessus du point où se trouve leur centre de gravité, à l'instant où leurs pattes postérieures quittent le sol. Straus prend comme exemple le chat et le tigre, puis il ajoute : « que l'on compare également des insectes du même genre, comme des *Lœusta* (sauterelles) ou des *Acridium* (criquets) et l'on verra, comme dans l'exemple précédent, qu'ils arrivent tous à une égale distance. »

Pour juger de l'exactitude de cette dernière assertion, M. Plateau a fait sauter, libres de tout poids additionnel, mais les ailes liées, un grand nombre d'individus des deux espèces d'œdipodes dont nous avons déjà parlé plus haut, en mesurant, dans chaque expérience, la hauteur verticale et la distance des pieds de la parabole décrite par l'insecte. Après avoir corrigé ces résultats de façon que les distances fussent comptées, comme le veut Straus, à partir de la position occupée par le centre de gravité de l'orthoptère à l'instant où les pattes de celui-ci quittent le sol, l'auteur les a réunis dans le tableau suivant :

Insectes.	Hauteur moyenne du saut.	Distance moyenne dans le sens horizontal.
	centimètres	centimètres
Œdipoda grossa.....	28,9	60,7
Œdipoda parallela....	29,5	56,7

On voit que, bien que ces deux œdipodes aient des tailles et des poids très-différents, ils s'élèvent sensiblement à la même hauteur, et retombent à des distances à peu près égales de leur point de départ. Ces résultats, M. Plateau le recon-

[1] Paris, 1828, page 188 et suivantes.

nait, paraissent appuyer fortement le principe de Straus, savoir que la force des muscles est proportionnelle à leur section et non à leur volume.

M. Plateau fait ensuite remarquer que ce principe résout d'une manière simple un problème des plus compliqués; il fallait évidemment que les animaux fussent munis d'un système musculaire tel qu'en permettant la réalisation de tous les mouvements nécessaires à la vie, et sans sortir d'un plan uniforme, cet appareil favorisât les petites espèces d'une force relativement plus grande, pour que les obstacles à surmonter, qui sont les mêmes pour tous, pussent être vaincus par tous avec une facilité suffisante: or ce problème, la nature l'a résolu en donnant aux animaux des muscles formés de fibres contractiles parallèles. Enfin, M. Plateau cite, à l'appui de ces dernières considérations, quelques passages d'une série d'articles *sur le vol des oiseaux, des cheiroptères et des insectes*, publiés par M. De Lucy dans la *Presse scientifique et industrielle des Deux Mondes* [1], passages où M. De Lucy, en partant de l'inégale rapidité des mouvements chez les animaux de tailles différentes, arrive également à la conclusion que la nature, dans un but de conservation, a dû obvier, chez les petites espèces, aux inconvénients résultant de l'exiguité de la taille, par une force musculaire relativement plus grande.

[1] Paris, 1865, 16 novembre, p. 583 et suiv.

ERRATUM.

Au bas de la page 380 du tome XXVII, ligne 7 en remontant, *au lieu de* Fur, *lisez* Feer.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE DÉCEMBRE 1866.

Le 2, gelée blanche le matin.
3, brouillard depuis 10 h. du soir.
4, brouillard le matin de bonne heure, et très-léger brouillard le soir.
5 et 6, forte gelée blanche le matin.
9, gelée blanche le matin.
12, id.
13, halo solaire partiel de 11 ½ h. à midi ½. On ne voit plus de neige sur le Salève.
15, il a neigé sur le Salève.
18, gelée blanche le matin ; couronne lunaire et halo lunaire dans la soirée.
19, id.
20, brouillard le matin jusqu'à 10 h.
21, 22, 23, 24, 25, 26, brouillard épais tout le jour ; les deux derniers jours il s'est formé un dépôt de givre.
29, depuis la nuit belle lumière zodiacale.
31, grêle pendant quelques minutes à midi.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
		Le 1er à 6 h. matin...	724,72
Le 4 à 8 h. matin...	734,31		
		7 à 7 h. soir.....	725,72
9 à 10 h. matin...	739,51		
		14 à 4 ¼ h. après-m.	718,30
18 à 10 h. matin...	738,48		
		19 à 2 h. après-m..	736,19
20 à 10 h. matin...	738,77		
		22 à 2 h. après-m..	735,69
24 à 10 h. matin...	738,63		
		27 à 2 h. après-m..	728,50
28 à 10 h. matin...	731,63		
		31 à 10 h. soir	711,68

GENÈVE. — DÉCEMBRE 1866.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation. Minim.	Fract. de saturation. Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.*
	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim.					mm.				0		cm
1	725,23	— 1,53	— 2,16	—4,48	— 5,9	+ 1,9	3,45	—1,09	868	+ 12	690	950	. . .	. .	variable	0,50	7,1	— 0,9	114
2	729,33	+ 2,54	+ 0,53	—1,66	— 2,7	+ 3,7	4,39	—0,11	912	+ 56	760	990	8,4	7	SSO. 1	0,91	. . .	. . . . .	114
3	731,99	+ 5,17	+ 4,03	+1,97	+ 1,2	+ 6,0	6,01	+1,55	969	+112	880	1000	19,4	11	S. 1	1,00	8,2	+ 0,4	114
4	733,27	+ 6,42	+ 4,05	+2,11	— 0,1	+ 8,1	5,89	+1,47	954	+ 97	870	1000	. . .	. .	variable	0,63	8,5	+ 0,8	114
5	732,41	+ 5,53	+ 3,62	+1,80	— 1,0	+14,0	4,93	+0,54	824	— 33	550	950	. . .	. .	SSO. 1	0,08	8,4	+ 0,8	115
6	731,79	+ 4,89	+ 3,23	+1,53	— 1,2	+13,0	4,68	+0,32	802	— 56	500	950	. . .	. .	SSO. 1	0,16	8,4	+ 0,9	116
7	726,84	— 0,08	+ 8,80	+7,22	+ 0,9	+14,0	6,72	+2,39	748	—110	610	880	5,5	4	SSO. 2	0,80	8,7	+ 1,4	116
8	734,53	+ 7,58	+ 5,72	+4,26	+ 3,3	+10,3	4,66	+0,36	683	—175	520	820	. . .	. .	SSO. 1	0,59	8,6	+ 1,4	116
9	738,62	+11,64	+ 1,50	+0,15	— 0,2	+ 4,4	3,95	—0,32	778	— 81	640	850	. . .	. .	NNE. 1	0,43	. .	. . .	117
10	734,08	+ 7,08	+ 5,78	+4,55	— 1,0	+10,0	4,26	+0,02	606	—253	400	960	1,6	4	SO. 1	0,86	8,1	+ 1,1	118
11	731,87	+ 4,84	+ 5,07	+3,94	+ 1,8	+10,2	5,93	+1,72	894	+ 34	800	980	. . .	. .	N. 1	0,27	8,5	+ 1,6	119
12	731,35	+ 4,30	+ 2,72	+1,70	— 2,5	+ 6,7	5,62	+1,43	938	+ 78	790	1000	4,5	7	variable	0,81	8,0	+ 1,2	119
13	727,97	+ 0,89	+ 7,88	+6,96	+ 4,4	+11,9	6,15	+1,98	775	— 86	580	990	0,5	1	SSO. 2	0,64	8,1	+ 1,4	119
14	720,53	— 6,58	+ 7,73	+6,90	+ 5,4	+11,4	5,91	+1,76	769	— 92	650	980	10,5	11	SSO. 3	0,97	8,1	+ 1,5	119
15	722,74	— 4,39	+ 6,19	+5,45	+ 4,7	+ 9,6	6,31	+2,18	887	+ 25	770	970	3,6	6	variable	0,99	7,9	+ 1,4	120
16	727,40	+ 0,24	+ 7,05	+6,40	+ 4,6	+11,3	5,52	+1,41	751	—111	660	840	10,0	11	SSO. 1	1,00	. . .	. . . . .	121
17	734,27	+ 7,09	+ 4,28	+3,72	+ 0,1	+11,3	4,83	+0,74	787	— 76	480	960	. . .	. .	variable	0,29	7,9	+ 1,5	124
18	737,58	+10,37	+ 1,03	+0,56	— 1,9	+ 7,0	4,16	+0,09	845	— 18	680	970	. . .	. .	SSO. 1	0,29	7,7	+ 1,4	126
19	736,54	+ 9,30	+ 0,29	—0,10	— 3,3	+ 7,1	4,12	+0,06	870	+ 6	650	970	. . .	. .	S. 1	0,02	7,6	+ 1,4	129
20	737,85	+10,59	+ 0,72	+0,41	— 2,3	+ 3,0	4,61	+0,56	941	+ 77	860	1000	. .	. .	variable	0,96	7,6	+ 1,5	130
21	736,48	+ 9,20	— 0,13	—0,37	— 0,7	+ 1,5	4,36	+0,32	970	+105	920	990	. . .	. .	E. 1	1,00	7,2	+ 1,2	131
22	735,96	+ 8,66	— 1,18	—1,34	— 2,1	— 0,1	4,20	+0,17	998	+133	960	1000	. .	. .	SSE. 1	1,00	7,0	+ 1,0	131
23	737,65	+10,33	— 1,50	—1,59	— 1,8	— 0,7	4,08	+0,06	995	+129	960	1000	. . .	. .	E. 1	1,00	. . .	. . . . .	131
24	737,71	+10,37	— 2,62	—2,65	— 3,7	— 1,4	3,79	—0,22	1000	+134	1000	1000	. . .	. .	SE. 1	1,00	6,9	+ 1,1	131
25	735,39	+ 8,03	— 2,87	—2,85	— 4,8	— 1,0	3,77	—0,23	1000	+134	1000	1000	. . .	. .	S. 1	1,00	. . .	. . . . .	131
26	732,89	+ 5,51	— 3,11	—3,03	— 3,8	— 2,0	3,65	—0,35	1000	+133	1000	1000	. .	. .	SO. 1	1,00	6,9	+ 1,3	131
27	729,08	+ 1,68	+ 3,71	+3,84	— 5,2	+ 8,0	4,88	+0,89	791	— 76	570	1000	0,3	2	SSO. 2	0,78	6,9	+ 1,3	131
28	731,06	+ 3,64	+ 4,80	+4,99	+ 3,2	+ 7,8	5,34	+1,35	836	— 31	750	880	. .	. .	O. 1	0,90	6,9	+ 1,4	130
29	728,77	+ 1,33	+ 5,17	+5,41	+ 1,8	+ 9,8	4,95	+0,96	765	—103	550	840	. . .	. .	SSO. 1	0,44	7,4	+ 2,0	129
30	721,15	— 6,30	+ 6,29	+6,57	+ 2,0	+ 9,6	4,99	+1,01	708	—160	590	810	. . .	. .	SSO. 1	0,88	. . .	. . . . .	128
31	714,57	—12,89	+ 5,51	+5,83	+ 3,8	+10,8	5,18	+1,20	779	— 89	640	860	2,6	6	SSO. 2	0,99	7,1	+ 1,8	127

* La notice sur le nouveau limnimètre et sur le changement d'échelle paraîtra dans un des prochains numéros.

MOYENNES DU MOIS DE DÉCEMBRE 1866.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	731,75	732,20	732,52	731,92	731,52	731,64	731,83	732,04	732,39
2e «	730,82	731,21	731,68	731,08	730,41	730,45	730,73	730,93	730,94
3e «	731,57	731,68	731,97	731,13	730,47	730,37	730,34	730,27	730,10
Mois	731,38	731,69	732,06	731,37	730,79	730,81	730,94	731,05	731,11
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 0,95	+ 1,15	+ 3,99	+ 7,11	+ 7,44	+ 6,16	+ 4,25	+ 3,06	+ 2,41
2e «	+ 2,69	+ 2,36	+ 4,50	+ 7,07	+ 7,29	+ 6,21	+ 4,42	+ 4,01	+ 3,54
3e «	+ 0,38	+ 0,42	+ 1,89	+ 2,29	+ 2,57	+ 2,28	+ 1,73	+ 1,59	+ 1,23
Mois	+ 1,31	+ 1,28	+ 3,41	+ 5,39	+ 5,66	+ 4,80	+ 3,41	+ 2,84	+ 2,36
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	4,33	4,27	4,69	5,22	5,12	5,23	5,29	5,17	4,98
2e «	5,09	5,10	5,44	5,71	5,51	5,39	5,46	5,30	5,12
3e «	4,33	4,32	4,51	4,53	4,69	4,72	4,48	4,51	4,41
Mois	4,57	4,55	4,87	5,13	5,10	5,10	5,06	4,98	4,82
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	875	851	762	693	661	736	839	893	907
2e «	891	926	852	762	725	757	861	867	858
3e «	920	914	861	856	858	879	875	888	888
Mois	896	898	826	773	751	794	859	883	885

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	— 0,67	+ 8,54	0,60	8,25	34,9	115,4
2e «	+ 1,10	+ 8,95	0,62	7,93	29,1	122,6
3e «	— 1,03	+ 3,85	0,91	7,04	2,9	130,1
Mois	— 0,23	+ 7,01	0,72	7,75	66,9	123,0

Dans ce mois, l'air a été calme 2 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,27 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 71,4 O. et son intensité est égale à 17,5 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE DÉCEMBRE 1866.

Le 2, brouillard le soir.
3, à 11 heures du matin le thermomètre marquait +3,7.
8, brouillard jusqu'à 4 h. soir et à 10 h. du soir.
13, id. à 6 h. du matin.
14, il a bien neigé, mais le vent n'a rien laissé dans le pluviomètre.
16, brouillard le soir.
17, id. de 10 h. à midi.
28, id. à peu près toute la journée.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 5 à 10 h. matin...	570,50	Le 1er à 8 h. matin...	559,39
9 à 8 h. soir....	571,25	7 à 10 h. soir....	564,33
12 à 10 h. matin..	566,67	11 à 10 h. matin...	565,08
20 à 10 h. matin...	572,93	14 à 8 h. soir....	553,06
24 à 10 h. matin...	573,20	22 à 2 h. après-m.	570,91
		31 à 10 h. soir....	550,08

SAINT-BERNARD. — DÉCEMBRE 1866.

Jours du mois.	Baromètre.				Température C.				Pluie ou neige.			Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum.	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum *	Maximum *	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.		
	millim.	millim.	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim			
1	560,17	— 1,49	559,39	561,64	— 9,40	— 2,37	—10,0	— 7,7	.....	.....	.....	variable	0,41
2	565,05	+ 3,43	563,48	565,93	— 9,06	— 1,93	—10,0	— 8,3	.....	.....	.....	SO. 1	0,87
3	567,27	+ 5,68	565,75	568,02	— 2,79	+ 4,43	— 5,0	+ 1,5	60	6,0	7	NE. 1	0,57
4	569,90	+ 8,35	569,12	570,46	+ 1,35	+ 8,86	— 0,9	+ 5,8	.....	.....	.....	NE. 1	0,68
5	570,16	+ 8,65	569,98	570,50	+ 2,17	+ 9,57	0,0	+ 5,9	.....	.....	.....	NE. 1	0,03
6	569,53	+ 8,05	569,15	570,07	+ 2,53	+10,02	+ 0,8	+ 6,9	.....	.....	.....	NE. 1	0,06
7	565,45	+ 4,00	564,33	567,52	— 0,55	+ 7,03	— 1,7	+ 2,0	.....	.....	.....	SO. 2	0,76
8	566,57	+ 5,15	564,84	567,91	— 9,10	— 1,43	—10,7	— 6,2	100	7,0	6	NE. 2	0,78
9	570,64	+ 9,25	569,79	571,25	— 5,78	+ 1,97	—10,0	— 2,0	.....	.....	.....	NE. 1	0,01
10	567,16	+ 5,80	565,27	569,55	— 4,14	+ 3,69	— 8,4	— 0,4	.....	.....	.....	NE. 1	0,75
11	565,59	+ 4,26	565,08	566,46	— 5,21	+ 2,70	— 6,8	— 3,9	.....	.....	.....	NE. 2	0,22
12	565,70	+ 4,40	565,19	566,67	— 1,85	+ 6,14	— 3,1	+ 0,8	.....	.....	.....	NE. 2	0,59
13	563,53	+ 2,26	561,36	565,62	— 2,59	+ 5,47	— 4,4	+ 0,6	.....	.....	.....	NE. 1	0,42
14	554,83	— 6,41	553,06	556,55	— 6,27	+ 1,86	— 8,2	— 5,1	.....	.....	.....	NE. 3	1,00
15	558,09	— 3,13	555,85	559,42	— 6,08	+ 2,12	— 9,0	— 2,3	60	6,7	8	NE. 2	1,00
16	560,48	— 0,71	560,14	560,96	— 7,34	+ 0,93	— 8,0	— 6,4	.....	.....	.....	NE. 2	1,00
17	566,27	+ 5,11	561,45	569,18	— 9,98	— 1,64	—11,7	— 8,1	.....	.....	.....	NE. 2	0,58
18	570,97	+ 9,84	569,65	571,80	— 2,83	+ 5,58	— 7,6	0,0	.....	.....	.....	NE. 1	0,02
19	572,00	+10,89	571,61	572,44	+ 0,36	+ 8,83	— 1,0	+ 1,9	.....	.....	.....	NE. 1	0,00
20	572,42	+11,34	572,30	572,93	+ 0,85	+ 9,38	+ 0,1	+ 1,9	.....	.....	.....	NE. 1	0,02
21	571,74	+10,69	571,56	571,98	+ 1,19	+ 9,78	+ 0,4	+ 2,4	.....	.....	.....	NE. 1	0,00
22	571,18	+10,15	570,91	571,47	— 0,54	+ 8,11	— 1,7	+ 1,1	.....	.....	.....	NE. 1	0,00
23	572,54	+11,54	571,64	573,14	— 2,68	+ 6,02	— 3,7	— 0,6	.....	.....	.....	SO. 1	0,07
24	572,59	+11,61	572,26	573,20	— 1,07	+ 7,68	— 2,3	+ 2,0	.....	.....	.....	NE. 1	0,07
25	570,04	+ 9,08	569,61	570,83	— 2,66	+ 6,14	— 3,6	— 0,3	.....	.....	.....	NE. 1	0,13
26	567,50	+ 6,56	567,05	568,22	— 2,63	+ 6,22	— 3,7	— 0,3	.....	.....	.....	NE. 1	0,09
27	563,59	+ 2,67	562,84	564,60	— 5,08	+ 3,82	— 7,2	— 1,1	40	2,0	6	NE. 1	0,69
28	563,49	+ 2,59	562,83	564,12	— 7,86	+ 1,09	— 8,1	— 4,9	.....	.....	.....	NE. 1	0,83
29	561,98	+ 1,10	561,24	562,61	— 6,07	+ 2,92	— 8,5	— 4,3	.....	.....	.....	NE. 1	0,20
30	557,54	— 3,31	555,29	559,67	— 4,43	+ 4,60	— 5,5	— 1,0	.....	.....	.....	NE. 1	0,72
31	551,39	— 9,44	550,08	552,57	— 7,34	+ 1,73	— 9,2	— 4,9	210	13,5	22	NE. 1	1,00

* Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 heures du matin à 10 heures du soir, le thermomètrographe étant hors de service.

MOYENNES DU MOIS DE DÉCEMBRE 1866.

Baromètre.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	566,95	566,96	567,40	567,17	567,23	567,29	567,23	567,44	567,45
2 «	564,55	564,57	565,37	565,19	564,98	565,05	565,13	565,26	565,21
3 «	566,22	565,94	566,39	565,97	565,66	565,67	565,63	565,56	565,38
Mois	565,92	565,83	566,38	566,11	565,95	565,99	565,99	566,07	565,99

Température.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	— 4,11	— 3,97	— 2,36	— 0,96	— 1,88	— 3,47	— 4,00	— 4,20	— 4,53
2e «	— 4,63	— 4,62	— 3,75	— 2,90	— 2,84	— 4,35	— 4,27	— 3,86	— 3,99
3e «	— 3,65	— 3,95	— 3,27	— 1,55	— 2,25	— 3,65	— 3,95	— 4,18	— 3,97
Mois	— 4,12	— 4,17	— 3,13	— 1,79	— 2,32	— 3,82	— 4,07	— 4,08	— 4,16

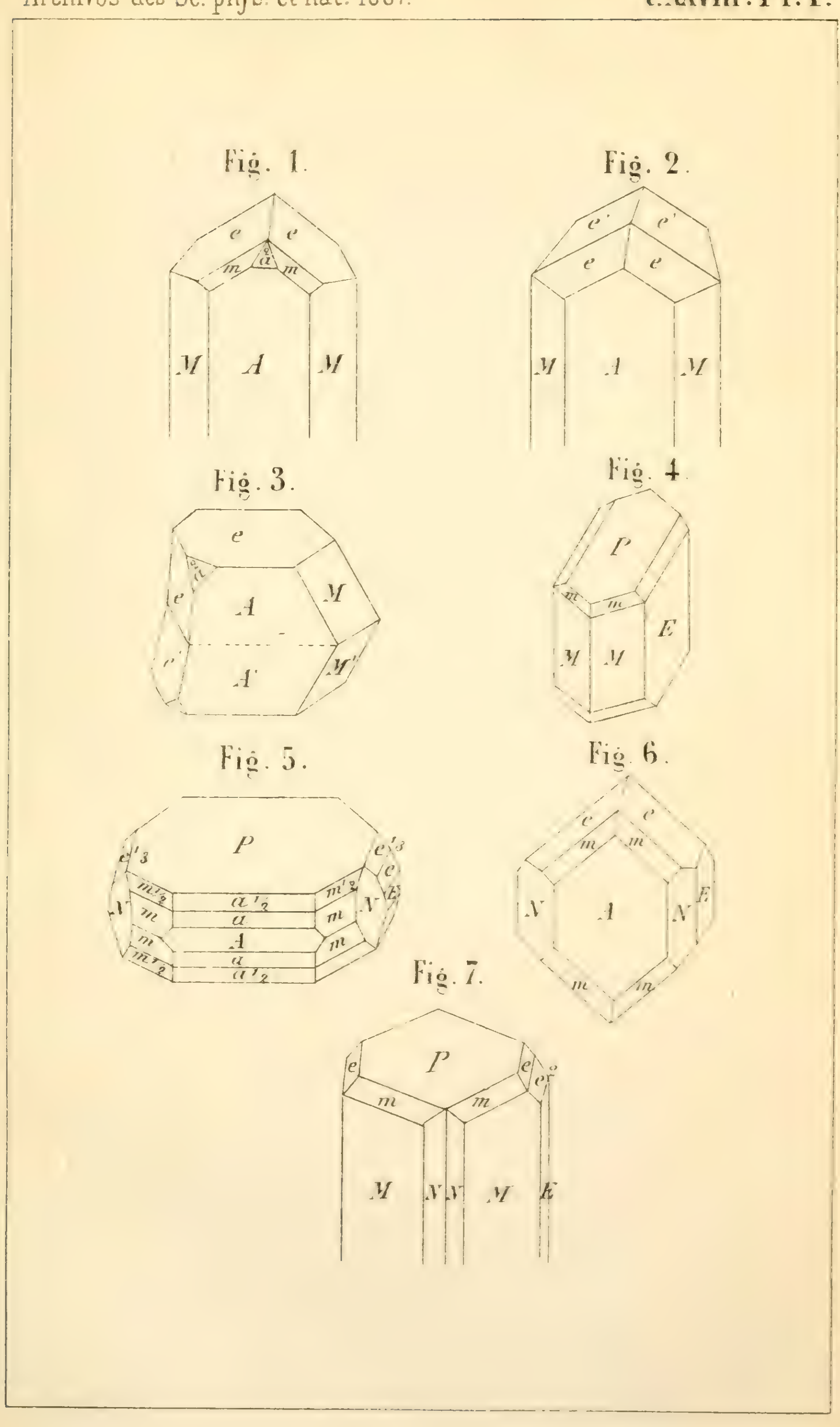
	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	— 5,59	— 0,25	0,49	13,0	160
2e «	— 5,97	— 2,06	0,48	6,7	60
3e «	— 4,85	— 1,08	0,35	15,5	250
Mois	— 5,45	— 0,81	0,44	35,2	470

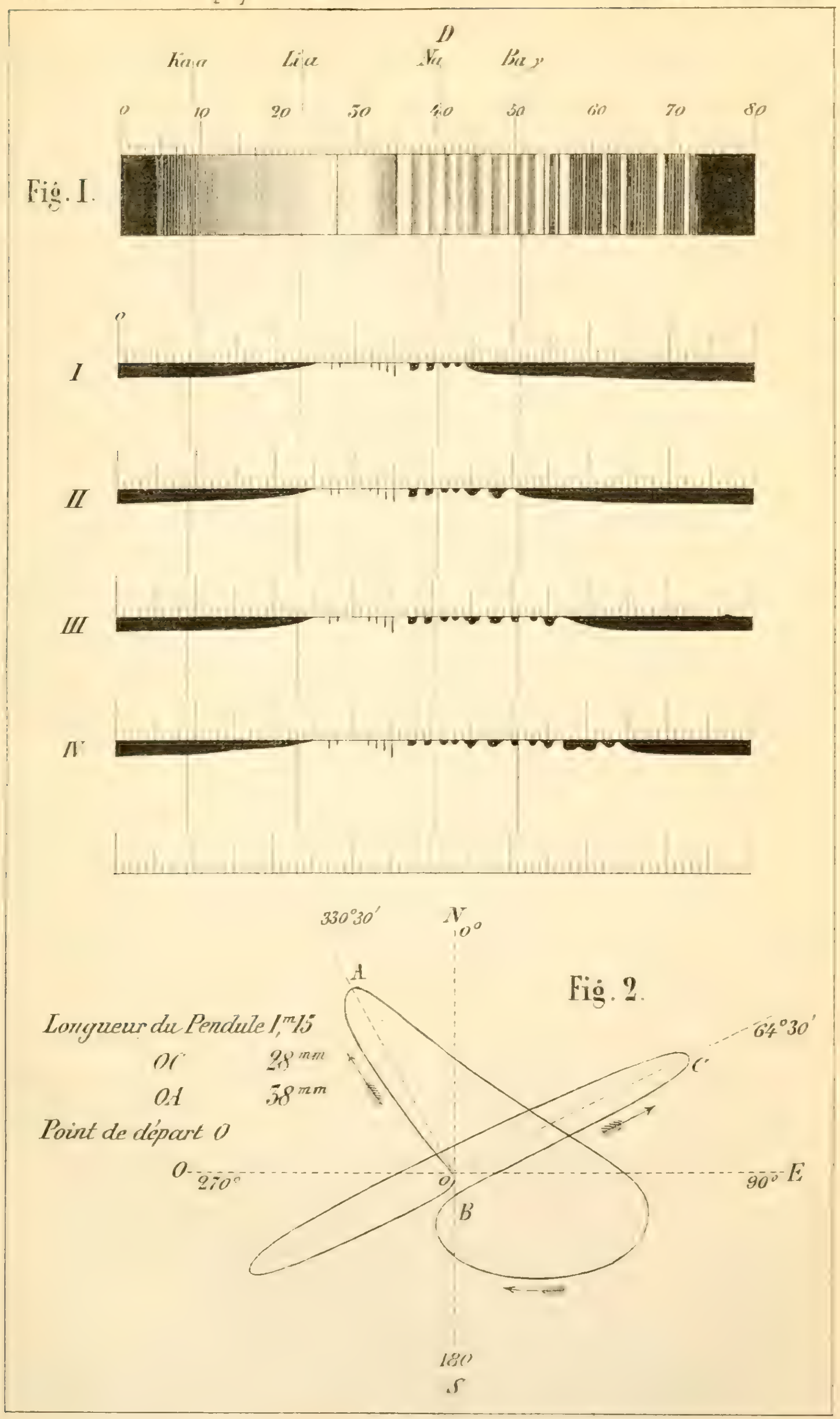
Dans ce mois, l'air a été calme 19 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE à ceux du SO. a été celui de 5,51 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E. et son intensité est égale à 69,5 sur 100.

* Voir la note du tableau.


Fig. 1.
e e
m a m
M A M
Fig. 2.
e' e'
e e
M A M
Fig. 3.
e
A
M
A'
M'
Fig. 4.
P
m
E
M M
Fig. 5.
P
m'2
a'2
m
a
A
a
a'2
Fig. 6.
e e
m m
N A N
E
m m
Fig. 7.
P
e e
m m
M N N M E


D
Ka α
Li α
Na
Ba γ
0
10
20
30
40
50
60
70
80
Fig. I.
I
II
III
IV
330°30′
N
0°
A
Fig. 2.
Longueur du Pendule 1,m15
OC 28 mm
OA 38 mm
Point de départ O
64°30′
C
O
270°
O
B
90°
E
180
S

SUR LA

TEMPÉRATURE DES TEMPS GÉOLOGIQUES

D'APRÈS DES INDICES TIRÉS DE L'OBSERVATION DES PLANTES FOSSILES

PAR

M. le Comte GASTON de SAPORTA.

C'est à l'aide de faits empruntés, non-seulement à l'étude des anciens organismes, mais à tous les genres d'observation à la fois, que l'on peut espérer de résoudre un jour la question si complexe de la température du globe, dans les temps antérieurs à nous.

Nous sommes encore très-éloignés d'un pareil résultat : mais pour y tendre il faut tâcher d'appliquer au problème une série de recherches partielles, afin de réunir peu à peu les éléments d'une solution complète et définitive. Je me renfermerai donc exclusivement dans les limites du règne végétal, en exposant ce que peut apprendre la seule étude des plantes sur le degré de température des temps auxquels elles ont appartenu. Le champ ainsi limité est encore immense ; il ne peut être que très-imparfaitement parcouru ; d'ailleurs le temps et les forces me feraient défaut, si je voulais l'explorer dans un autre but que pour y placer quelques jalons.

Pour plus de clarté je diviserai ce travail en trois parties.

Dans la première j'énoncerai les notions que l'examen des plantes fossiles avaient fait le plus généralement ad-

mettre, jusqu'à ces derniers temps, sur l'état ancien et successif de la température.

Dans une deuxième partie je reprendrai ces mêmes notions, en les complétant et les rectifiant, s'il y a lieu, à l'aide des recherches les plus récentes. Dans la dernière enfin j'établirai les conséquences légitimes de ces observations combinées.

J'ajoute cette réflexion préliminaire que, puisqu'il s'agit de recherches relatives à la température, le règne végétal est d'autant plus précieux à consulter que, dans l'état actuel des choses, les plantes constituent autant d'instruments délicats, gradués avec précision, susceptibles de rendre compte des moindres variations thermométriques. Il a dû en être de même dans les temps passés dont les lois paraissent avoir été en constante harmonie avec celles qui nous régissent aujourd'hui.

I.

Lorsque dans les vingt premières années de ce siècle, on a observé pour la première fois les plantes fossiles, et constaté une certaine régularité dans leur manière d'être et de se succéder, les divisions qui constituent l'échelle des terrains étaient encore peu nombreuses et mal limitées. M. A. Brongniart, qui inaugurait brillamment cette science en France, était disciple immédiat de Cuvier : c'est-à-dire qu'il était disposé à admettre un certain nombre d'époques, à la suite desquelles les êtres auraient été entièrement renouvelés ; tandis que dans l'intérieur de chacune de ces époques les changements n'auraient été que partiels, relatifs et locaux. Cependant, avec les matériaux incomplets dont on disposait alors, il était im-

possible de déterminer la durée ni le mode de terminaison de ces périodes biologiques ; quoiqu'on fût implicitement disposé à ramener vers l'unité les phénomènes de divers ordres, et à les faire coïncider par conséquent avec les faunes successives établies par Cuvier, et qu'on supposait avoir caractérisé exclusivement chacun de ces intervalles favorables au développement de la vie, qu'on appelait des temps de calme, par opposition avec les catastrophes violentes qui avaient dû les séparer.

Pour ce qui est des plantes seules, on pouvait dès lors préciser un certain nombre de faits que M. A. Brongniart a exposés dans ses premiers ouvrages, et plus tard étendus et coordonnés dans son *Tableau des genres de végétaux fossiles*, où les vues adoptées par l'auteur se trouvent merveilleusement condensées. Ce travail remarquable montre clairement quel était l'état de la question qui nous occupe avant les recherches des vingt dernières années.

En se plaçant à cette date, lorsqu'on s'éloignait de l'époque actuelle pour pénétrer dans le passé ; on observait d'abord, dans la partie la moins ancienne de l'âge tertiaire les genres arborescents qui caractérisent encore la zone tempérée boréale, représentés par des espèces peu éloignées des nôtres, mais assez distinctes cependant de celles-ci pour que l'idée de les attribuer à un ordre de choses différent du nôtre pût être adopté sans inconvénient. Ce premier ensemble ne subissait que bien peu de changements, quand on passait d'un lieu dans un autre, et qu'on examinait un dépôt un peu plus ancien ou un peu plus récent ; c'était toujours à peu près la même répétition de formes. Au reste, les observations étaient encore nouvelles, la concordance très-vague, le nombre des espèces indéterminées très-considérable, et il est évident

que la présence des genres indigènes était plus facile à saisir et à vérifier que celle des exotiques, que l'on laissait le plus souvent dans l'ombre faute de pouvoir les déterminer. Il était donc fort naturel de tirer de l'existence prépondérante des premiers cette conséquence que la température du temps où ils vivaient n'avait rien qui différât sensiblement de celle qui règne encore sous les mêmes latitudes. A cet égard les premières observations offraient une coïncidence quelquefois due au hasard. Il me suffira de citer Armissan, où M. Brongniart signalait dès 1829 un bouleau, un charme, plusieurs pins, un Smilax, une mousse, une fructification de fougère semblable à celle de l'Osmonde, résultat qui ne dénotait certainement aucune diversité dans la nature du climat de cette localité, par rapport à ce qu'il est maintenant; résultat bien opposé pourtant à celui auquel j'ai été amené plus tard par l'étude approfondie de cette même flore.

Ainsi, jusque vers le milieu des temps tertiaires, les changements observés dans la végétation s'expliquaient aisément à l'aide d'exemples tirés de certaines parties de l'Amérique du Nord, où l'on voyait encore la réunion de la plupart des genres qu'on pouvait alors signaler dans l'ancienne Europe. L'aspect changeait pourtant quand on quittait les temps tertiaires moyens pour les inférieurs. On rencontrait alors des palmiers, d'abord assez rares puis en nombre croissant. Les empreintes des frondes de ces plantes ont de bonne heure attiré les regards par leur caractère tranché; et de bonne heure aussi on les a regardées comme étant l'indice d'un climat plus chaud que le nôtre. Les genres européens n'étant pas absents, mais seulement moins nombreux dans les localités où l'on recueille ces plantes, l'idée d'une diminution successive de

la température ressortait d'autant plus naturellement de leur présence, que les genres européens qui persistaient à se montrer à côté des palmiers étaient principalement des *Smilax*, des pins, des *Thuya*, des lauriers, c'est-à-dire des genres qui, soit en Europe, soit dans l'Amérique septentrionale, habitent de préférence les parties méridionales de ces deux continents, d'où les palmiers eux-mêmes ne sont pas exclus tout à fait. Les temps éocènes les plus reculés étaient alors très-peu connus; ils le sont à peine maintenant! Certains dépôts, comme celui de Sheppy dans l'argile de Londres, étaient attribués à des causes particulières, comme serait l'action d'un courant provenant des mers équatoriales. Rien ne s'opposait donc à ce que l'on admît que la température de l'époque tertiaire, d'abord un peu plus chaude que maintenant en Europe, s'était ensuite abaissée de manière à exclure graduellement de cette région les types méridionaux, et à ressembler à celle qui règne sous les mêmes latitudes dans l'âge actuel.

Avec la craie on entrait de plein pied dans l'inconnu, non-seulement à cause de l'étrangeté des formes et de leur pêle-mêle, mais aussi de leur rareté, de leur série incomplète et du vague des classifications adoptées. On voyait dans la craie une sorte de période intermédiaire où le règne végétal, en se renouvelant, s'était complété par l'adjonction des Dicotylédones, comme le règne animal par celle des mammifères; cependant les observations étaient trop éparses et trop confuses pour donner lieu à des conclusions bien précises, et je dois dire que les recherches relatives à cette époque ne laissent pas encore entrevoir une solution des difficultés qui s'y rattachent.

Il surnageait pourtant déjà quelques grands faits qui servent encore de base aux recherches actuelles. Avant

la craie les Dicotylédones ne se montrent pas, les Monocotylédones deviennent rares et incertaines : les Cycadées et les Conifères se multiplient au contraire, et les Fougères deviennent à leur côté un élément nécessaire de la végétation ; les formes en général s'éloignent de plus en plus de ce qu'elles sont maintenant, même sous les tropiques ; et c'est parmi les groupes les plus restreints aujourd'hui qu'il faut rechercher les similitudes : ces points eux-mêmes finissent par faire défaut, et vers la base de la série jurassique il se trouve que la végétation ne présente plus que des analogies de plus en plus éloignées avec celles du monde actuel.

A la date que j'ai choisie, c'est-à-dire vers 1840, la flore des terrains secondaires, celles du trias et du terrain carbonifère étaient déjà bien connues ; malgré les progrès accomplis depuis lors, l'ensemble n'a pas sensiblement varié.

Cette végétation montrait dans sa comparaison avec celle du monde actuel des différences tellement tranchées, qu'il était difficile de ne pas en être frappé. Après avoir observé des végétaux spécifiquement différents de ceux d'aujourd'hui ; on en trouvait de distincts par le genre ; puis enfin on en rencontrait de séparés d'avec les nôtres même par la famille, et n'ayant plus par conséquent de commun avec ceux-ci que les affinités de plus en plus éloignées de la classe et de l'embranchement.

C'est une des gloires de notre temps, et cette gloire revient presque en entier à M. A. Brongniart, d'avoir recueilli les éléments épars d'un monde végétal si différent du nôtre, de les avoir rendus à la vie, à la lumière, et de l'avoir fait avec des idées si justes qu'elles n'ont guère été dépassées depuis.

Quand on voulut se former une idée de la température propre à ces temps les plus anciens de la terre, c'est naturellement aux végétaux les moins singuliers, c'est-à-dire aux Fougères, puis aux Calamites regardées comme des Équisétacées de grande taille, aux *Lepidodendron* rangés parmi les Lycopodiacées que l'on eut recours ; et il parut ressortir de la présence exclusive des végétaux de la classe des Cryptogames vasculaires que certaines îles à la fois chaudes et humides, certaines vallées tropicales baignées de vapeurs tièdes et plongées dans une ombre épaisse donnaient une image de ce que devait être l'Europe, lors de la période qui correspond à la formation des houilles.

On rechercha aussi dans la composition différente de l'atmosphère plus chargée d'acide carbonique, dans l'extension des mers, dans la distribution en îles basses des terres émergées, dans l'action encore sensible de la chaleur centrale, des conditions qui une fois admises, rendaient compte de l'élévation présumée de la température et de cette égalité de climat qui permettait à la même végétation de s'étendre uniformément sur de très-grands espaces, du Spitzberg aux Indes orientales et de là jusqu'au fond de l'Australie. Ainsi, la prépondérance et la haute taille des Cryptogames vasculaires et l'abondance des Fougères arborescentes ; tels furent les principaux arguments que l'on invoqua à l'appui d'une grande élévation de la température, élévation que l'on expliquait ensuite par différentes causes.

Cependant, on se plaçait sans y songer dans un cercle vicieux à quelques égards, lorsqu'on invoquait l'influence de la chaleur centrale sur la température pour expliquer son élévation et la présence en Europe des Fougères ar-

borescentes; tandis que ces mêmes plantes paraissaient à d'autres géologues une preuve évidente de cette action de la chaleur centrale.

On ne songeait pas non plus qu'en faisant dépendre de l'existence d'une température très-élevée les combinaisons végétales particulières à cette époque, on faisait abstraction de ce fait important que les autres catégories de plantes n'ayant pas encore paru; leur absence était un phénomène négatif qui enlevait à la prédominance exclusive des groupes cryptogamiques une grande partie de sa signification.

En réalité, il n'y avait de tout à fait évident que l'existence d'une température plus douce et plus uniforme que maintenant; seule déduction rigoureuse des faits observés.

Mais en admettant pour les temps carbonifères un degré de chaleur très-élevé, on établissait un point de départ en harmonie avec la marche présumée de la végétation, puisque celle-ci paraissait s'être successivement modifiée à mesure que la température ne cessait de s'abaisser par une gradation insensible.

En résumé, une grande chaleur initiale jointe à une grande uniformité climatérique, un abaissement d'abord peu marqué, déjà très-sensible vers le début des temps tertiaires, plus accentué encore vers le milieu, tout à fait prononcé vers la fin de cette période; une marche partant d'un état très-différent du nôtre pour s'en rapprocher successivement d'époque en époque; tel est, à ce qui me semble, le tableau fidèle des inductions les plus raisonnables que la science avait formulées. Il faut rechercher maintenant si cette manière de voir est en rapport avec les plus récentes observations.

II.

Le champ de la Botanique fossile s'est énormément agrandi dans le cours des dernières années ; un des résultats les plus intéressants de ces nouveaux progrès, c'est de pouvoir suivre la marche d'un assez grand nombre de genres à travers plusieurs étages successifs ; et lorsque les espèces appartenant à ces genres, comme il arrive presque toujours, laissent voir une étroite affinité avec celles qui leur correspondent dans l'ordre actuel, on est en droit d'admettre que l'espèce fossile a vécu sous l'empire des mêmes conditions que son homologue vivant, ou du moins sous des conditions très-rapprochées.

Ainsi, les genres actuels dont il est possible de constater l'ancienne existence doivent nous aider dans la recherche de la température propre aux temps et aux lieux, qu'ils servent à caractériser ; tandis que les genres éteints ne peuvent nous fournir ces mêmes lumières que d'une façon très-indirecte, à raison du rapport plus ou moins éloigné qui les rattache à ceux de nos jours. Au contraire, lorsqu'il s'agit d'une espèce qu'une ressemblance étroite rapproche d'une espèce vivante congénère, les conclusions analogiques tirées de l'étude de cette plante auront d'autant plus de probabilité que l'affinité sera plus évidente, et que le genre dont elle fait partie aura des adaptations plus exclusives et des habitudes mieux définies.

Il faut pourtant une condition pour être assuré d'atteindre la vérité par cette voie ; c'est que l'affinité générique de l'espèce ancienne soit appuyée de véritables preuves ou du moins ne laisse à l'incertitude qu'une très-

faible part. En adoptant trop légèrement une foule d'attributions signalées par les botanistes paléontologues dans le cours de ces dernières années, on s'exposerait inévitablement à dresser un échafaudage sans bases solides.

Il est encore une remarque importante, et dont nous aurons à faire une application immédiate ; c'est celle-ci : certaines attributions, hasardées en apparence, le sont beaucoup moins en réalité. Si au lieu d'être considérées isolément, elles sont relatives à des genres dont la présence répétée et successive est assez bien constatée pour que le fait de leur ancienne existence ne puisse être révoqué en doute. Il s'établit alors entre les divers membres d'une série d'étages échelonnés, une sorte de solidarité qui fait que l'esprit et les yeux s'accoutument à reconnaître sans hésitation des empreintes dont la véritable nature leur échapperait sans cette circonstance. Il suffit quelquefois des plus petits indices pour la révéler à des regards exercés. Il est d'ailleurs certain que les types demeurés caractéristiques d'une région, reparaissent presque toujours avec une grande persistance à l'état fossile dans les couches de cette région. C'est là un des phénomènes généraux les plus fixes qu'on puisse invoquer en géologie, non-seulement dans le monde des plantes, mais aussi dans celui des animaux de toutes les catégories. Il en est ainsi pour l'ancienne flore européenne, et les types de végétation qui caractérisent exclusivement aujourd'hui la zone tempérée boréale des deux hémisphères se retrouvent à l'état fossile, non-seulement dans la période qui a précédé immédiatement la nôtre, mais encore à travers une longue série d'étages, jusqu'au moment où, les découvertes faisant défaut, la recherche de ces types se trouve forcément interrompue. Ces types ne sont pas les

seuls que l'on puisse déterminer sûrement et avec avantage pour la question qui nous occupe. Sans parler de ceux qui se sont amoindris en Europe, ou ont depuis abandonné ce continent pour se maintenir ailleurs, il en existe d'autres qu'on n'observe plus maintenant que dans le voisinage exclusif des tropiques. Plus les affinités des espèces de cette dernière catégorie peuvent être rigoureusement définies, plus il est possible de fixer le degré probable de température que leur présence dans l'ancienne Europe doit faire admettre pour le temps où elles vivaient. Ici, je rencontre une difficulté qui ne doit pas être passée sous silence. Que faut-il conclure si les deux séries de genres que je viens de désigner se combinent au lieu de s'exclure réciproquement? L'examen de cette question, l'une des plus curieuses de celles que suggère l'étude des flores fossiles européennes, serait mieux placé à la fin de ma note, lorsque je discuterai les conséquences légitimes des faits que j'aurais établis; pourtant, puisque l'objection vient d'elle-même se présenter, je dirai ma pensée à cet égard, afin qu'en écartant tout de suite ce qu'offre de spécieux, la voie que nous allons parcourir se trouve par avance déblayée de tout obstacle.

Il est à mes yeux des vérités tellement claires qu'on ne saurait sans paradoxe les mettre en question. Il ressort invinciblement de l'ensemble de tous les faits connus en géologie, que la température a été plus élevée autrefois qu'aujourd'hui dans la zone dont le continent européen fait partie. Le phénomène de l'élévation initiale n'est donc pas en discussion: ce qu'il s'agit de rechercher, ce sont les degrés successsifs de cette température, l'âge et le mode de son déclin. Pour ce qui est du fait de son abaissement définitif, les résultats en sont devant nous. Il y

avait autrefois en Europe des Palmiers, des Pandanées, des Fougères arborescentes, des Laurinées et d'autres essences exotiques qui ont disparu pour faire place aux végétaux que nous avons sous les yeux et dont nous connaissons l'organisation adaptée à l'action et au retour périodique des saisons froides. Ainsi, le fait de l'abaissement de l'ancienne température résulte évidemment de l'élimination des ces premiers types; c'est donc cette élimination qu'on doit regarder comme en étant le vrai signe; et toutes les fois que dans une flore fossile nous observerons un mélange de formes européennes et de formes vraiment tropicales, la présence de celles-ci sera pour nous un indice suffisant du maintien d'une température élevée. Quand le climat européen est devenu décidément trop froid, ces formes ont dû disparaître des parties moyennes de ce continent, et ne laisser que de faibles traces de leur existence antérieure dans les parties méridionales; c'est là, selon moi, une preuve certaine que leur coexistence avec les formes demeurées indigènes n'avait été possible antérieurement que grâce à des combinaisons climatériques, qui n'excluaient pas le maintien d'une partie au moins de l'ancienne chaleur.

Ainsi, à mes yeux, l'élimination des genres tropicaux est le grand fait qui dévoile le moment où la température s'abaisse et la proportion même de cet abaissement. Le temps où cette élimination est devenue complète, sera donc pour nous celui où les latitudes étant constituées à peu près comme elles sont aujourd'hui, les différences que l'on observe ne dépendent plus que de certaines causes purement locales.

Il s'agit maintenant d'appliquer ces principes au genre de recherches que je veux tenter; voici pour cela la mé-

thode que je suivrai : le but proposé étant de recueillir dans les flores fossiles des indices sur la température des divers âges, je m'appuyerai sur deux groupes ou séries de plantes dont les aptitudes entièrement opposées peuvent seules donner lieu à des inductions décisives. Ces deux séries sont d'une part celle des genres actuellement propres à la zone boréale; de l'autre, celle des types dont les similaires ne se rencontrent plus que dans le voisinage exclusif des tropiques. Pour les premiers, dont la date d'apparition est encore incertaine, mais qui ne se sont montrés en Europe qu'à partir d'une époque relativement récente, le point de départ à choisir pour observer leur marche est mieux placé en sens inverse de cette marche, c'est-à-dire dans l'âge actuel. En s'éloignant de de ce point de départ, nous verrons ce groupe, d'abord très-complet, diminuer ensuite graduellement, et enfin se perdre dans un passé encore très-obscur. Faut-il suivre la même marche pour l'observation des types tropicaux? Je ne le pense pas. En effet, lorsque, remontant le cours des âges, on les rencontre pour la première fois, ces types sont aisés à méconnaître; leur importance même exige qu'on les définisse avec rigueur; au lieu de se lier, comme les types européens, avec un ordre de choses encore existant dans la contrée, ils se rattachent directement à ceux des âges précédents; et ceux-ci, par un enchaînement de plus en plus visible, se relient eux-mêmes à des types antérieurs. D'autre part, nous sommes certains *à priori*, malgré des divergences de détails, de l'élévation relative de la température, lors de la période végétale la plus ancienne; et, par conséquent, en partant des étages les plus anciens, nous sommes assurés en négligeant les genres sans analogie directe avec ceux de nos jours, d'arriver à

un moment où, les divergences devenant moindres, des genres identiques avec ceux qui existent encore vers l'équateur, viendront nécessairement se montrer et nous donner la mesure approximative de la température de ces âges lointains.

Ainsi, nous obtenons un double point de départ, et la marche à suivre pour l'un et l'autre se trouve dirigée en sens inverse, puisque, pour constater l'existence des types tropicaux, nous descendrons le cours des âges, et que nous le remonterons au contraire lorsqu'il s'agira d'étudier la marche des types européens. Je m'abstiendrai dans l'une et l'autre recherche de la mention de tout genre, dont l'existence ne me semblera pas démontrée, et qui ne serait pas identique avec les coupes génériques actuelles, je prendrai toutefois celles-ci dans l'acception linnéenne la plus étendue.

§ 1. *Examen des groupes, des genres et des formes d'affinité tropicale observée dans les anciennes flores.*

La végétation des terrains paléozoïques ne comprend d'une manière certaine aucun des genres actuels. Les rapprochements tentés en Allemagne par plusieurs savants dans le but d'assimiler aux Fougères actuelles une partie de celles du terrain carbonifère semblent plus spécieux que fondés [1]. Ils reposent sur une affinité superficielle de forme plutôt que sur une identité de structure. Du reste, les analogies sérieuses que cette étude a fait ressortir quelquefois, tendraient plutôt à faire ranger les Fougères

[1] Voyez notamment : Die Farnkräuter der Jetztwelt zur Untersuchung und Bestimmung der innern Formationen, etc., von C. Ritter von Ettingshausen. Wien, 1865.

de ce premier âge dans les tribus les plus exceptionnelles de l'ordre actuel. C'est ainsi que, selon M. Brongniart[1], si réservé dans ses appréciations, le genre *Scolecopteris* Zenk, observé dans le même état de pétrification chalcédonieuse que les *Psaronius* et comme eux probablement contemporain du terrain houiller, rappelle par le mode de groupement de ses capsules de fructification, le genre *Angiopteris* parmi les Marattiées, et que plusieurs *Asterocarpus* rappellent les *Kaulfussia* ou seulement les *Gleichenia* et *Mertensia*. D'autres espèces du même groupe semblent se rattacher aux *Mattonia* de la tribu des Cyathées. Enfin, le genre *Senftenbergia*, décrit par Corda, paraît dénoter l'existence d'une Schizéacée.

La proportion bien plus restreinte qu'on ne l'avait cru d'abord des espèces arborescentes par rapport aux autres, a affaibli un des arguments le plus souvent invoqués en faveur de l'élévation présumée de la température à cette époque. Il en est de même de la persuasion où sont encore beaucoup de géologues qu'une chaleur constante de 25° à 30° C. est nécessaire pour faire végéter les Fougères arborescentes. On ne saurait le penser, en observant que sous les tropiques, c'est principalement au sein des bois montagneux, dans le fond des hautes vallées, que croissent la plupart de ces plantes dont la région est placée entre 4 et 600 mètres et s'étend jusqu'à 1000 mètres d'élévation. Bien plus, les Fougères arborescentes, selon le témoignage de M. de Humboldt[2], s'écartent au sud de l'équateur jusqu'au 46e et même jusqu'au 53e parallèle; elles atteignent un développement admirable

[1] A. Brongniart, Tabl. des genres de végét. fossiles, p. 27.

[2] A. de Humboldt, Tabl. de la nature, tome I, page 166 (trad. de Ch. Galusky. Paris, 1851).

dans la terre de Diémen, à Hobard-Town (lat. 42°,53), par une température moyenne de 11°,3 C., c'est-à-dire dans une bande isothermique dont la chaleur est inférieure de 2°,3 à celle de Toulon (13°,6 C.). Il est vrai, comme le fait remarquer le célèbre auteur, que l'écart entre les saisons extrêmes est beaucoup plus prononcé en Europe qu'en Australie, et le climat moins égal dans les limites même de chaque saison [1]. A Durky-bay, dans la Nouvelle-Zélande, d'après J. Hooker, les Fougères arborescentes se développent sous une latitude de 46°,8 : dans les îles Auchland et Campbell, on les rencontre jusqu'au 53e degré.

On ne peut plus avancer que la température des tropiques est nécessaire à l'existence de ces végétaux ; aussi, ce n'est pas à leur présence seule que l'on doit recourir pour admettre une haute température durant cette première époque : c'est plutôt l'ensemble végétal qu'il faut considérer. Les types de cet âge, dont il existe encore des représentants amoindris et distincts génériquement, les Lycopodiacées et les Équisétacées, aussi bien que les Fougères elles-mêmes, ne s'élèvent nulle part autant que sur les tropiques, et on ne peut nier que ce voisinage ne leur soit favorable, puisque leur nombre, leur dimension et leur importance relative s'accroissent à mesure qu'on s'avance dans cette direction. C'est d'après ces indices réunis qu'il faut croire à l'existence dans ce premier âge d'une température chaude, d'une atmosphère dense et voilée, d'une humidité tiède et permanente.

[1] A Hobart-Town les moyennes hibernales et estivales sont représentées par 5°,6 C. et 17°,2 C., tandis qu'à Rome, plus éloignée de l'équateur d'un degré environ, la température annuelle étant de 13°,3 C., la moyenne hibernale descend à 8°, tandis que l'estivale atteint 30°.

Les continents étaient alors faiblement accidentés, l'écoulement des eaux à la surface du sol ne donnait lieu ni à des fleuves ni à des torrents, mais à des lagunes alimentées par une multitude de ruisseaux qui descendaient de toutes les pentes et parcouraient le fond des ondulations, comme on le voit encore dans les pays granitiques, qui mieux que les autres ont gardé les traits de cette ancienne configuration de la surface terrestre. Mais on a fait trop souvent le tableau de la végétation du terrain carbonifère, pour qu'il soit nécessaire de s'y arrêter davantage.

En pénétrant dans le Trias, on rencontre le genre *Equisetum*, encore répandu sous toutes les latitudes, quoique ses espèces soient loin d'atteindre maintenant, même dans les pays chauds, la dimension des anciennes espèces. En effet, l'*E. arundinaceum* Bory, des bords du Mississipi, une des plus grandes du groupe, n'approche pas de l'*E. arenaceum* Heer du Keuper, et n'égale pas même certaines espèces tertiaires.

Dans l'époque jurassique se développe le groupe des Cycadées européennes, probablement distinctes génériquement de celles de nos jours; c'est pourtant des Cycadées originaires des parties australes de l'ancien continent, des *Dion*, des *Macrozamia*, des *Encephalartos* que se rapprochent le plus les *Zamites*, *Ctenis*, *Pterophyllum*, *Nilsonia*, des terrains secondaires. Et comme on ne peut raisonnablement douter que ces divers genres n'aient fait réellement partie du même groupe que les Cycadées actuelles, les habitudes et la distribution de celles-ci dans le monde de nos jours peuvent nous fournir par analogie de précieux détails sur l'état de l'Europe à l'époque où ces plantes y croissaient, surtout en ayant soin de prendre pour

exemple celles qui reproduisent le plus fidèlement les anciens types fossiles.

Il faut donc les comparer principalement aux *Encephalartos*, et aux *Macrozamia*. Les premiers habitent l'Afrique australe du 20e au 30e degré de latitude sud; les seconds croissent dans la Nouvelle-Hollande austro-occidentale, vers le 30e degré de latitude sud, et s'étendent jusqu'au 35e. Ce sont donc, comme le fait observer M. A. Brongniart [1], des genres plutôt sub-tropicaux et australiens que réellement propres aux régions équatoriales; la même remarque est applicable aux *Cycas* et aux *Ceratozamia* qui s'avancent au Japon et dans le Mexique bien au delà des Tropiques, jusqu'au 32e degré de latitude nord. Quant aux habitudes des plantes du groupe qui semblent refléter le mieux celles des Cycadées fossiles, M. Miquel les indique dans sa *Monographie* des *Cycadées* [2]. Il nous apprend que les *Encephalartos* croissent assez loin de la région du Cap proprement dite, en dehors des limites de la flore que caractérise la présence des Protéacées et des Ericacées, à l'abri d'une chaîne de montagnes, dans une contrée exposée aux influences caloriques de la zone torride, *sans en faire précisément partie.* Les premiers pieds se montrent vers *Uitenhage*, dans des stations très-limitées et séparées par de grands intervalles. Plus loin, les individus deviennent plus nombreux, surtout vers *Amatymbis* et *Tambookis;* on ne les rencontre jamais dans les plaines; mais ils fréquentent les cantons montagneux. Les uns viennent de préférence dans les sols pierreux; d'autres recherchent une terre riche en humus; enfin ils ne se montrent pas sur les pen-

[1] Tabl. des genres de végét. fossiles, p. 59.

[2] Monographia Cycadearum, p. 40.

tes dénudées, mais au milieu d'épais taillis d'arbustes épineux ; ils ne sont abondants nulle part ; mais disséminés par groupes ; les montagnes qu'ils habitent atteignent 2000 pieds, et dépendent d'une chaîne dont l'élévation n'est pas moindre de 10,000 pieds, et dont le versant tourné à l'est et au nord écoule ses eaux vers le golfe de Lagoa. Telle est la physionomie de ces plantes, image fidèle d'un monde disparu ; elles nous reportent invinciblement vers l'Europe des temps secondaires, dont elles nous expliquent la végétation et l'aspect ; rien n'est changé, si l'on remplace par des Conifères les Légumineuses et les Rhamnées de cette partie de l'Afrique ; mais rien n'oblige non plus d'admettre pour cette époque une température plus élevée que celle de l'Afrique actuelle vers le 20e degré de latitude sud, c'est-à-dire une moyenne annuelle de 22° C. L'élévation qui va jusqu'à 2000 pieds, atténuant pour les stations habitées par les *Encephalartos* l'effet d'un climat déjà plus chaud que celui du Cap.

A coté des Cycadées du Lias viennent se placer quelques indices tirés d'autres classes, qu'il ne faut pas négliger. Deux espèces du Lias de Bayreuth, publiées par M. Gœppert sous le nom d'*Asterocarpus heterophyllus* et *lanceolatus* ressemblent, selon le témoignage de M. A. Brongniart, aux *Kaulfussia* de la famille des Marattiées ; tandis que le *Tæniopteris Munsteri* Gœppert de la même localité dénote un type très-analogue aux *Angiopteris* et appartient sûrement à ce même groupe des Marattiées. Gœppert signale encore l'*Hemitelites polypodioides* comme très-analogue à l'*Hemitelia speciosa* Kaulf. du Pérou.

Les tribus exceptionnelles de l'ordre actuel que nous avons vu poindre déjà reparaissent donc avec une grande persistance, et continueront à se montrer ; elles habitent

maintenant de préférence sous les tropiques ; mais elles dépassent vers le sud ces limites, comme les Cycadées, et ne s'y trouvent donc pas exclusivement confinées.

En descendant la série, l'Oolithe de Charmouth nous offre le premier indice sérieux de l'existence des Pandanées, avec le genre *Podocarya* Buckl., constitué d'après un fruit remarquable, dont les rapports avec les Pandanées actuelles paraissent établir, selon M. Brongniart, que cette famille s'était déjà montrée à cette époque.

Au-dessus de l'Oolithe, vers le Néocomien, je dois signaler de vrais *Araucaria* [1] dont j'ai vu des fruits en parfait état, dans la collection de M. Hébert, professeur de géologie à la Sorbonne. Le caractère offert par la soudure de la graine avec la base de l'écaille ovulifère creusée pour la contenir, ne saurait tromper et confirme la présence du genre, marquée également par de nombreuses empreintes de ramules, figurés par Dunker dans sa Monographie de la flore Wéaldienne du nord de l'Allemagne.

Les *Araucaria* de la section *Eutacta* forment de nos jours un groupe subtropical parfaitement naturel, limité à la Nouvelle-Hollande et à quelques-unes des Iles de la mer du Sud, dépassant peu vers le nord le 15e degré de latitude sud, atteignant le 29e vers le sud, à l'île de Norfolk et s'accommodant d'un climat tempéré, comme le prouve l'introduction dans nos cultures méridionales de l'*A. excelsa*, qui supporte à Hyères et à Nice une moyenne annuelle de 15° à 16° C. seulement.

[1] Il faut signaler à côté des *Araucaria* de vrais *Pinus* dont les cônes et les graines ont été signalés dernièrement dans les couches fluviolacustres de l'étage néocomien du bassin de Paris par M. Cornuel, qui a décrit et figuré ces organes dans le Bulletin de la Société géolog. de France, 2me série, tome XXIII, p. 628, pl. XII.

Jusqu'ici donc, la plupart des genres que nous avons rencontrés ne semblent pas avoir exigé, à l'exception d'un seul, une température complétement tropicale, c'est-à-dire supérieure en moyenne à 20° C.

En avançant vers la Craie, nous observerons d'abord à peu près les mêmes types à la base de cette grande formation ; mais à mesure qu'on descend cette période curieuse et encore mal connue, la végétation prend insensiblement un nouveau caractère ; les Dicotylédones se montrent d'une manière incontestable ; les Cycadées au contraire diminuent de nombre et d'importance ; et quand on aborde enfin les flores plus riches et mieux explorées de la Craie supérieure, on observe la réunion des genres suivants :

Fougères : Gleichenia Sm. — G. protogea Deb. (Aix-la-Chapelle).
» Lygodium Sw. — L. cretaceum Deb. (Aix-la-Chapelle).
» Cyatheites Gœp. — Bonaventurea cardinalis Deb. (Aix-la-Chapelle).
Conifères : Araucaria Juss. Dammarites albens Gœpp. (Craie de Bohême.) — Araucaria sp. Deb. in litt. (Aix-la-Chapelle).
» Sequoia Endl. — Geinitzia cretacea Ung. (Quadersandstein). — Cycadopsis aquigranensis Gœpp. (Aix-la-Chapelle).
Palmiers : Palmacites Sternb. — P. varians Corda (Quadersandstein).
» Flabellaria Sternb. — F. chamæropifolia Gœpp. (Silésie).
Pandanées : Pandanus L. — P. simildæ Stiehl. (Quadersandstein). — P. Austriacus Etl. — P. pseudo-inermis Etl. — P. trinervis Etl. (Craie de Gosau).
« Nipadites Bow. — Carpolithes provincialis Sap. (Fuveau).

Myricées : Myrica et Comptonia. — Comptonites antiquus Nilson (craie de Scanie). — Myrica sp. Deb. in litt. (Aix-la-Chapelle).

Protéacées : Anadenia, Leucospermum, Grevillea, Hakea, Dryandra, etc., un très-grand nombre d'espèces reproduisant les formes caractéristiques de ces divers genres et de plusieurs autres (craie d'Aix-la-Chapelle).

Dans cet ensemble, les Pandanées et probablement aussi les Fougères trahissent seules des aptitudes pleinement tropicales : les autres groupes s'avancent aujourd'hui vers le sud ou vers le nord bien en dehors de ces limites ; mais la présence des Pandanées est un fait considérable dont il faut tenir compte, puisque, dans l'époque actuelle, leurs espèces multipliées particulièrement dans les îles, comme Madagascar, Bourbon, les Molluques, ne s'éloignent en aucun cas de la zone intertropicale. Quelques doutes pourraient à la rigueur s'attacher à certaines de ces attributions considérées séparément, mais la réunion d'aussi nombreux indices ne laisse pas que de rendre à peu près certaine l'existence de vraies Pandanées dans l'Europe crétacée et par conséquent celle à la même époque d'une température moyenne égale au moins à 20° C.

Pour mieux faire ressortir la marche et ensuite le déclin des types tropicaux dans l'époque tertiaire, que je vais aborder, je la partagerai en huit horizons successifs, conçus principalement au point de vue des flores fossiles. Je les disposerai ainsi qu'il suit, en allant de la base au sommet.

1° Le *Suessonien* de d'Orbigny comprenant Rilly, les lignites et les grès du Soissonnais.

2° Le *Parisien* proprement dit comprenant le calcaire grossier et l'argile de Londres.

3° L'*Eocène supérieur* ou *Ligurien* des auteurs suisses, comprenant les terrains d'eau douce moyens du bassin de Paris, des sables de Beauchamp aux lits à *Cyrene semistriata*, c'est-à-dire l'âge des *Palæotherium*.

4° Le *Tongrien* ou *Oligocène* correspondant à l'âge des *grès de Fontainebleau*.

5° Le *Miocène inférieur*, correspondant au *Calcaire de la Beauce* et à l'*Aquitanien* des auteurs suisses.

6° Le *Miocène supérieur* comprenant la Mollasse marine de Suisse et de Provence, jusques et y compris Oeningen.

7° Le *Pliocène* depuis Oeningen jusqu'à la fin du tertiaire.

8° Le Quaternaire.

Voici l'énumération des genres tropicaux afférents à chacun de ces horizons, en partant du plus ancien.

Premier horizon : travertins de Sézanne et grès du Soissonnais.

Fougères. Cyathées : Alsophila Brown. — Polypodites thelypteroides Brngt. — Pecopteris Pomelii Brngt.— Cyatheites sp. plurimæ (Sézanne).
Palmiers : Flabellaria Sternb. — Fl. Goupili Wat. — F. suessionensis Wat. (grès du Soissonnais).
Pandanées : Carludovica ? R. et P. — C. sp. nov. (Sézanne).
Ampélidées : Cissus L. — Vitigene cissoides Sap. (Sézanne).
Sterculiacées : Sterculia L. — S. sp. nov. (Sézanne).

Le genre *Alsophila* étant signalé pour la première fois d'une manière certaine dans les terrains tertiaires, et même à l'état fossile, j'insiste sur cette détermination. Ce

genre, à une seule exception près, ne renferme que des espèces arborescentes; il dénote ici d'autant mieux un type réellement tropical que les espèces de Sézanne sont étroitement liées avec les formes les plus tropicales du genre dans les deux hémisphères, tandis qu'elles s'éloignent de celles qui s'avancent le plus vers le sud, comme les *A. pruinata* Kaulf. (Chili) et *Australis* (Tasmanie).

La présence répétée des Palmiers dans les grès du Soissonnais, et celle d'une fronde de Sézanne, trop conforme au type bifide des *Carludovica* pour ne pas dénoter la persistance des Pandanées, constituent une réunion de formes tropicales qui s'augmente encore d'un *Cissus* tracé sur le modèle des *C. ferruginea* Poir., *indica* Roxb., *tomentosa* Lam., *repens* Thw., *adnata* Wall., *Capensis* Thb., formes entièrement tropicales, d'un *Sterculia*, de plusieurs Tiliacées et Laurinées, etc.

Le second de nos horizons offre en fait de types tropicaux :

Palmiers : Flabellaria Sternb. — F. parisiensis Brngt. (calcaire grossier).
» Sabalites Sap. — S. sp. (Flabellaria maxima Ung. Brngt.) (Oise, Crisolle).
Pandanées : Nipadites Bow., plusieurs espèces observées dans l'argile de Londres, en Belgique et dans le calcaire grossier parisien.
Sapindacées : Cupanioides Bow., plusieurs espèces dans l'argile de Londres.
Tiliacées ? : Apeibopsis Heer. (Cucumites Bow.), (argile de Londres).

Les fruits fossiles décrits par Bowerbank sous le nom de *Nipadites*, et dont cet auteur a pu examiner la structure dans les exemplaires pyriteux de Sheppey, ne diffèrent

par aucun caractère sensible de ceux des *Nipa*, genre curieux qui semble former la liaison entre les Palmiers et les Pandanées ; il est réduit, dans la nature actuelle, au seul *Nipa fruticans* qui habite les bords du Gange et les parties marécageuses de Java. Les *Nipadites*, d'abord observés dans l'argile de Londres, ensuite en Belgique, ont été rencontrés dernièrement dans le Calcaire grossier parisien. L'exploitation de la butte du Trocadero a permis d'en recueillir un grand nombre d'empreintes dans une couche sablo-argileuse où l'on remarque en même temps des feuilles monocotylédones analogues à celles de certains *Carludovica*, mais entières, qui devront peut-être se réunir à ces organes.

Les *Cupanioides* de l'argile de Londres révèlent l'existence des Sapindacées que nous retrouverons dans les étages suivants : il s'y joint des Palmiers, des Légumineuses, des Tiliacées, dont les affinités génériques restent obscures, mais dont la physionomie est celle des plantes qui leur correspondent sous les tropiques.

Sur le troisième horizon connu par les riches flores de Monte-Bolca, Skopau, Alumbay, des grès de la Sarthe et enfin par celle des gypses d'Aix, on peut signaler entre beaucoup d'autres les genres suivants :

Conifères : Araucaria Juss. — A. Duchartrei Wat. (sables moyens).
Palmiers : Flabellaria Sternb.— F. Lamanonis Brngt. (gypses d'Aix). — F. bolcensis Mass. (Monte-Bolca).
» Sabalites Sap. — S. sp. n. (grès de la Sarthe).
Musacées : Musophyllum Ung. — M. speciosum Sap. (gypses d'Aix).
Liliacées : Dracæna L. — Dracænites sepultus Sap. — D. Brongniartii Sap. (gypses d'Aix).

Ebenacées : Diospyros L. — D. rugosa Sap. (gypses d'Aix).
Araliacées : Aralia L. — A. primigenia Heer (Bolca, Alumbay). — A. mutifida Sap. (gypses d'Aix).
Sterculiacées : Sterculia L. — St. Labrusca Ung. (Bolca, Skopau, Alumbay). — S. tenuiloba Sap. (gypses d'Aix).
» Bombax L. — B. sepultiflorum Sap. (gypses d'Aix).
Sapindacées : Sapindus L. — Sapindus pristinus Heer (Monte-Bolca).
Juglandées : Engelhardtia Lesch. — E. decora Sap. (gypses d'Aix).
Papilionacées : Brachypterum Benth. B. (Micropodium) oligospermum Sap. (gypses d'Aix).
» Drepanocarpus C. Mey. — D. Dechampii mass. (Monte Bolca).
Mimosées : Mimosa Ad. — M. deperdita Sap. (gypses d'Aix).

La plupart de ces genres, surtout les plus importants, sont déterminés d'une manière sûre, le genre *Bombax* par l'observation des corolles, l'*Aralia primigenia* par celle des fruits. Les genres *Engelhardtia, Brachypterum, Drepanocarpus* montrent les leurs. Le *Diospyros rugosa* présente des fleurs et des calyces détachés. Toutes ces formes, en négligeant volontairement celles comme les Laurinées, Myrsinées, Rhamnées, Anacardiacées, etc., qui ne sont pas exclusivement tropicales, servent à caractériser les régions les plus chaudes de l'Inde, de l'Afrique, de l'Amérique et de l'Australie.

Nous voyons reparaître sur cet horizon pour la dernière fois un véritable *Araucaria*, l'échantillon original existe dans la collection de M. Hébert, à la Sorbonne. — Les autres *Araucaria* ou *Araucarites* signalés dans le terrain tertiaire, et spécialement l'*A. Sternbergii* Ung., sont en réalité des *Sequoia*.

L'horizon suivant le quatrième est un des mieux explorés ; nous y rangeons les flores d'Hæring, Sotzka, Saint-Zacharie, Saint-Jean-de-Garguier, Armissan et même celle de Radoboj en Croatie. Ces deux dernières localités paraissent plus récentes que les autres ; mais trop de liens les réunissent aux premières pour que l'on puisse les en séparer avec avantage. Les genres tropicaux que l'on y doit signaler sont les suivants :

Fougères : Lindsæa Dryand. — L. Cussolii Gerv. — (Armissan).
Palmiers : Sabalites Sap. — S. major Ung. (Hæring, Radoboj, Bassin de Marseille, Armissan).
Liliacées : Dracæna L. — D. narbonensis Gerv. (Armissan).
Araliacées : Aralia L. — A. Hercules Sap. (Radoboj, Armissan).
Sterculiacées : Sterculia L. — S. labrusca Ung. (Sotzka).
Juglandées : Engelhardtia Lesch. — E. decora Sap. (Saint-Zacharie). — E. Sotzkiana Ett. (Sotzka). — E. macroptera Sap. — E. detecta Sap. (Armissan, Radoboj).
Papilionacées : Calpurnia E. Mey. — C. europæa Sap. — Armissan).
» Copaifera L. — Cæsalpinites copaiferinus Sap. (St-Zacharie, St-Jean de Garguier). — Copaifera armissanensis Sap. (Armissan). — C. radobojana Ung. (Radoboj).
Mimosées : Acacia Neck. — A. Sotzkiana Ung. (Sotzka). — A. Bousqueti Sap. (Armissan).
» Mimosa Adans. — M. Pandoræ Ung. (Radoboj).

Ces types choisis parmi beaucoup d'autres comme les plus sûrement déterminés, sont encore franchement tropicaux. Le genre *Lindsæa*, par exemple, possède à peine quelques espèces en dehors des tropiques, et l'espèce

d'Armissan se rattache de très-près à une forme de Java, L. *javensis* Bl. Les *Dracaena* et les Palmiers continuent à donner aux masses végétales une physionomie équatoriale très-accentuée. Les Araliacées reproduisent les formes des *Oreopanax* de l'Amérique centrale. Le genre *Engelhardtia*, alors dans son apogée en Europe, ne s'écarte pas aujourd'hui des limites de l'Asie tropicale, où cependant il s'élève un peu sur les montagnes dans le Népaul comme à Java. Enfin, les genres *Calpurnia*, *Copaifera*, *Acacia*, *Mimosa*, se rattachent directement à des types ou à des formes maintenant particulières à l'Afrique intertropicale et au Brésil.

Le cinquième étage de notre série est la continuation du précédent; les types tropicaux que nous y signalerons sont empruntés aux flores de Manosque et de Bonnieux en Provence, de Monod, Hohe-Rhonen, Eriz en Suisse, de Brognon près de Dijon, de Bovey-Tracey en Devonshire, etc.

Fougères : Lygodium Sw. — L. Gaudini Heer. (Monod, Manosque). — L. acutangulum Heer. — L. Laharpei Heer. — L. acrostichoides Heer (Monod).

Cycadées : Zamites Brngt. — Z. epibius Sap. (Bonnieux).

Palmiers : Flabellaria Sternb. — F. latiloba Heer (Vevay, Brognon).

» Sabalites Sap. — S. major Ung. — S. hæringiana Heer (Suisse).

Papilionacées : Pterocarpus L. — P. Fischeri Gaud. (Monod).

» Brachypterum Benth. — B. (Micropodium) lignitum Sap. (Manosque).

» Campsiandra Benth. C. (Pycnolobium) tetrasperma Sap. (Manosque).

Mimosées : Acacia Neck. — A. Sotzkiana Ung. (Monod, etc.)

On doit remarquer ici, en premier lieu, la persistance de certains types qu'on aurait pu croire éteints depuis longtemps. Le *Zamites epibius* recueilli à Bonnieux par les soins de M. E. Arnaud, et que j'ai publié il y a deux ans, est bien authentique à cause de la structure finement schisteuse de la plaque d'origine lacustre qui le renferme; cependant il se distingue à peine de son devancier le *Zamites Feneonis* Brngt. du Coralien. Quant aux *Lygodium* que nous avons antérieurement signalés dans la craie, fréquents en Suisse, leur présence à Manosque à la même époque, est attestée par une belle empreinte ; et en dehors même de ce genre, les Fougères d'alors offrent un grand nombre de formes de physionomie tropicale que l'absence ou le mauvais état des fructifications empêche de déterminer d'une manière rigoureuse. Je dois citer comme faisant partie de cette catégorie : le *Pecopteris lignitum* Heer *(Asp. lignitum* Gieb.) qui se trouve en Allemagne, en Angleterre (Bovey), en Savoie et en Provence (Manosque), le *Pecopteris Lucani* Sap. de Brognon, le *Lastrea dalmatica* Ett. de Promina et de Suisse ; enfin, le *Lastrea Striaca* répandu dans un grand nombre de localités tertiaires. Toutes ces Fougères sont évidemment analogues à celles des contrées les plus chaudes du monde actuel.

Les Légumineuses comprennent aussi plusieurs genres tropicaux bien caractérisés. L'un des plus remarquables, à ma connaissance, provient des schistes de la vallée du Larguer, près de Manosque ; il consiste en un fruit de grande dimension, coriace, déhiscent, à valves ouvertes et étalées, dont la ressemblance avec ceux du *Campsiandra angustifolia* Benth., espèce brésilienne à peine connue, est vraiment surprenante. Le genre *Brachypterum* qui

reparaît, le *Pterocarpus Fischeri* de Suisse, plusieurs *Acacia*, sans compter diverses Cæsalpiniées et Dalbergiées, composent un ensemble dont la physionomie tropicale ne saurait être méconnue.

Le sixième horizon est surtout représenté par les riches flores de Parschlug et d'Œningen. Ici l'abaissement de la température commence à devenir sensible ; pourtant on peut encore, en fait de types tropicaux, signaler les suivants :

Palmiers : Calamopsis Heer. — C. Bredana Heer (Œningen).
Convolvulacées : Porana Burm. — P. œningensis Al. Br. — P. macrantha Heer — P. inæquiloba Heer (Œningen).
Sapindacées : Sapindus L. — S. falcifolius Al. Br. (Œningen).
Mimosées : Acacia Neck. — A. Œningensis Heer. (Œningen). A. parschlugiana Ung. (Parschlug).
» Mimosa Adans. — M. palæogæa Ung. (Parschlug).

L'élément tropical était donc loin d'être entièrement banni de l'Europe moyenne à l'époque d'Oeningen, dont M. Heer évalue approximativement la température à 18° C. Cependant, à partir de ce temps, l'abaissement dût être rapide et continu. En effet, notre septième horizon correspondant au pliocène et bien connu par les flores de Gleichenberg en Styrie, de Senegaglia et du Val d'Arno en Italie, de Schossnitz en Silésie, ne comprend plus de types réellement tropicaux. A peine si je dois citer l'*Oreodaphne Heerii* Gaud., presque identique avec l'*O. fœtens* des îles Madère et Canaries où cette dernière espèce se trouve maintenant confinée isolément ; tandis que le reste du genre est américain, et habite de préférence les régions tropicales de ce continent.

Du reste, les types subtropicaux avaient décliné presque aussi rapidement; les Lauriers, les Figuiers, les Plaqueminiers, les Myrsinées avaient également diminué de nombre et d'importance. La période pliocène en présente pourtant quelques exemples; mais notre huitième et dernier horizon ou quaternaire ne comprend plus que des genres demeurés particuliers à la zone tempérée boréale.

§ 2. *Examen des genres particuliers à la zone tempérée boréale, observés dans les anciennes flores.*

Les genres dont je vais maintenant aborder l'étude sont en grande partie ceux que nous avons encore sous les yeux. C'est à eux que notre végétation indigène emprunte son caractère; ils semblent adaptés aux conditions de notre température et, par conséquent, auraient dû commencer au moment où celle-ci s'est constituée définitivement; je ferai voir qu'il n'en a pas été ainsi, et que, par des causes que nous ne pouvons encore que très-imparfaitement apprécier, leur existence dans le passé remonte bien au delà du temps où le climat européen est devenu semblable à ce qu'il est maintenant.

Voici l'énumération de ces genres, naturellement restreints aux principaux, c'est-à-dire à ceux qui jouent un rôle important dans l'ensemble végétal de la zone tempérée boréale, et sont en même temps observés le plus fréquemment à l'état fossile dans plusieurs étages successifs.

Almus Tournef.	Corylus Tournef.
Betula Tournef.	Quercus L.
Ostrya Mich.	Fagus Tournef.
Carpinus Tournef.	Castanea Tournef.

Ulmus L.
Celtis Tournef.
Platanus L.
Populus Tournef.
Salix Tournef.
Fraxinus L.
Hedera L.
Cornus Tournef.
Liquidambar L.
Liriodendron L.
Acer L.
Juglans L.
Crataegus L.
Cercis L.

Cette liste comprend 22 genres parmi lesquels 18 croissent encore naturellement en Europe, trois *(Platanus, Liquidambar, Juglans)*, sans être spontanés en Europe, habitent les parties limitrophes de l'Asie aussi bien que l'Amérique du Nord; un seul, le *Liriodendron*, ne se rencontre plus que dans le nouveau monde. Mais ces derniers n'ont quitté notre sol qu'à une époque très-rapprochée de la nôtre, en sorte qu'on peut dire, en se transportant un peu en arrière, que tous ces genres caractérisent également la zone tempérée boréale dont ils ne franchissent les limites qu'exceptionnellement[1], et seulement à l'aide de certaines régions montagneuses où l'altitude compense le climat. Pour ce qui est de leurs limites polaires, ces genres montrent de très-grandes diversités. Les Saules et les Bouleaux sont ceux qui s'avancent le plus vers le Nord, puisqu'ils arrivent jusqu'en Islande, avec des espèces rampantes, il est vrai. Le Chêne ne dépasse guère Stockholm par 5° C. de température moyenne; le Hêtre s'arrête à Gothenbourg par 7°,9 C. Le Châtaignier et le Platane ne vont pas aussi loin; mais ces différences tiennent plus aux aptitudes inhérentes à l'espèce qu'à celles même du genre, surtout dans les cas fréquents où celui-

[1] Le genre *Fagus* reparaît dans l'hémisphère austral, mais avec des formes assez distinctes de celles de la zone boréale pour constituer un autre type.

ci n'est représenté que par un petit nombre d'espèces ou même par une seule ; l'aire du genre dépend alors de celle de l'espèce et se confond avec elle. Quoi qu'il en soit de ces diversités, elles peuvent et doivent se rattacher à des causes antérieures, et surtout à celles que nous allons étudier.

En remontant le cours des âges, nous passerons par les mêmes périodes que nous venons de traverser, mais par une marche inverse et en commençant par la plus récente. Le huitième de nos horizons, constitué par les dépôts quaternaires, donne lieu à la liste suivante qui se trouve presque complète.

Alnus glutinosa L. travertins de Montpellier.
Betula prisca Ett. trav. toscans.
Carpinus betulus L. Cannstadt.
Corylus avellana L. trav. de Provence.
Quercus pubescens Wild. trav. de Provence.
Fagus sylvatica L. trav. toscans.
Ulmus campestris L. trav. toscans et prov.
Celtis Australis L. trav. provençaux.
Populus Alba L. trav. provençaux.
Salix viminalis L. trav. de Provence.
— caprea L. trav. de Provence.
Platanus aceroides Gœpp. trav. toscans.
Fraxinus ornus L. trav. toscans.
Hedera helix L. trav. toscans et prov.
Cornus sanguinea L. trav. toscans et prov.
Liquidambar europæum Al. Br. trav. toscans.
Acer opulifolium L. trav. toscans et prov.
Juglans graviæfolia Gaud. trov. toscans.
— regia L. trav. provençaux.
Cratægus oxyacantha L. trav. provençaux.
Cercis siliquastrum L. trav. tosc. et provençaux.

Il ne manque à cette liste qu'un très-petit nombre de genres ; il faut même remarquer que l'*Ostrya* est difficile à distinguer du Charme en dehors des fruits, et que le Châtaignier, fréquentant les sols siliceux, a dû se tenir à l'écart des localités où se formaient les travertins. En revanche, parmi les genres devenus depuis extra-européens, les *Juglans, Liquidambar* et *Platanus* se montrent comme une preuve de leur élimination tardive ; le genre *Liriodendron* est le seul qui ne paraisse pas, et qui, sans doute, avait déjà disparu de l'Europe.

Le septième horizon, le pliocène, est richement représenté par les flores de Schossnitz, de Gleichenberg, de Senegaglia et du Val d'Arno ; il en résulte la liste suivante qui ne comprend que les espèces les plus saillantes de cette période :

Alnus Kefersteinii Gœpp. Toscane.
Betula macrophylla Gœpp. Schoss.
— prisca Ett. Toscane.
Ostrya Prasili Ung. Gleichenberg.
Carpinus pyramidalis Gœpp. Sch. Tosc.
Corylus Wickenburgi Ung. Gleichenberg.
Quercus drymeja Ung. Toscane.
— Lucumonum Gaud. Toscane.
— mediterranea Ung. Toscane.
Fagus Deucalionis Ung. Senegaglia.
— attenuata Gœpp. Schossn.
Castanea Kubinyi Kor. Toscane.
Ulmus Wimmeriana Gœpp. Schossn.
— Bronii Ung. Toscane.
Populus balzamoides Gœpp. Sch. Toscane.
— leucophylla Ung. Toscane.
Salix varians Gœpp. Sch. Toscane.
Platanus aceroides Gœpp. Schoss. Toscane.

Liquidambar europæum Al. Br. Schoss. Toscane.
Fraxinus prædicta Heer. Senegaglia.
Cornus Buchii Heer. Toscane.
Hedera Strozzii Gaud. Toscane.
Liriodendron Procaccinii Ung. Senegaglia.
Acer Penzianum Gaud. Toscane.
— Sismondæ Gaud. Toscane.
Juglans Strozziana Gaud. Toscane.
— nux-tauriensis Brngt. Toscane.
Cratægus oxyacanthoides Gœpp. Schoss.

Tous les genres de notre liste existaient donc dans l'Europe pliocène, et la plupart s'y trouvaient représentés par des espèces plus nombreuses et plus variées qu'aujourd'hui.

L'horizon suivant, le sixième, qui comprend la riche végétation d'Œningen, celle de Bilin, de Parschlug, etc., apporte à notre liste peu de changements :

Alnus Kefersteinii Gœpp. Bilin.
— Œnigensis Heer. Œningen.
— gracilis Ung. Bilin.
Betula Ungeri Andr. Œningen.
— Weisii Heer. Œningen.
Ostrya Œningensis Heer. Œningen.
Carbinus Œningensis Gœpp. Œningen.
— pyramidolis Gœpp. Œningen.
Corylus insignis Heer. Lausanne.
Quercus neriifolia Al. Br. Œningen.
— drymeja Ung. Parschlug.
— elæna Ung. Œningen, Parschlug.
Fagus Feroniæ Ung. Bilin.
— Deucalionis Ung. Parschlug.
— castaneæfolia Ung. Styrie.
Ulmus plurinervia Ung. Parschlug.

Ulmus longifolia Ung. Bilin.
— Braunii Heer. Œningen.
— minuta Gœpp. Œningen.
Celtis Japeti Ung. Parschlug.
Populus latior Al. Br. Œningen.
— mutabilis Heer. Œningen.
— heliadum Ung. Œning. Parschlug.
Salix varians Gœpp. Œningen.
— Lavateri Heer. Œningen.
Platanus aceroides Gœpp. Œning. Schrotzb.
Liquidambar europæum Al. Br. Œningen, etc.
Fraxinus prædicta Heer. Œningen.
— deleta Heer. Œningen.
Cornus Buchii Heer. Œningen.
Hedera Kargii Al. Br. Œningen.
Liriodendron Procaccinii Ung. Stradella.
Acer trilobatum Al. Br. Œningen, Parschlug, etc.
— decipiens Al. Br. Œningen.
— otopterix Gœpp. Œningen, Parschlug.
Juglans acuminata Al. Br. Œningen, Parschlug.
— bilinica Ung. Œningen, Bilin.
Cratægus oxyacanthoides Gœpp. Œningen.
Cercis cyclophylla Al. Br. Œningen.

La plupart de ces genres paraissent avoir atteint leur apogée en Europe, et les plus importants réunissent sur un même point des formes aujourd'hui éparses dans des contrées bien distinctes. Cette affluence commence à diminuer, lorsqu'on quitte cet horizon pour remonter vers le précédent ou miocène inférieur.

C'est le cinquième de notre série ; il comprend les flores de Manosque en Provence, Ménat en Auvergne, Brognon près de Dijon, Monod, Hohe-Rhonen, Eriz en Suisse, les plantes du Suturbrand d'Irlande et d'Atanekerdluk

dans le Groënland septentrional[1], celles du Succin et de plusieurs autres localités; voici la liste exacte des genres européens dont on constate l'existence à l'aide de ces divers dépôts :

Alnus nostratum Ung. Manosque, Monod.
— Kefersteinii Gœpp. Islande, Monod.
Betula elliptica Sap. Manosque.
— Blancheti Heer. Monod.
— macroptera Gœpp. Islande.
— prisca Ett. Islande.
Ostrya Œningensis Ung. Monosque.
— Walkeri Heer. Groënland.
Carpinus grandis Ung. Monosque, Monod.
Corylus insignis Heer. Hohe-Rhonen.
— Macquarii Heer. Ménat, Islande, Groënland, Hohe-Rhonen.
Quercus Olafseni Heer. Islande, Groënland.
— elæna Ung. Monod.
— drymeja Ung. Groënland.
Fagus pristina Sap. Manosque.
— Deucalionis Ung. Groënland.
— castaneæfolia Ung. Groënland.
Ulmus Fischeri Heer. Monod.
— diptera Steenstr. Islande.
— discerpta Sap. Manosque.
Populus Gaudini Heer. Monod.
— Richardsoni Heer. Islande, Groënland.
— Zaddachi Heer. Groënland, Succin.
Salix macrophylla Heer, Eriz, Islande.
— Gaudini Fisch. Monod.
Platanus aceroides Gœpp. Islande, Groënland.
Fraxinus inæqualis Heer. Manosque, Monod.

[1] Voyez Ueber den Versteinerten Wald von Atanekerdluk in Nord-grönland, von Prof. Oswald Heer.

Fraxinus denticulata Heer. Groënland.
Liquidambar europæum Al. Br. Horw (Suisse). Sagor (Allemagne).
Cornus orbifera Heer. Monod.
— Studeri Heer. Monod.
Hedera Macclurii Heer. Groënland.
Liriodendron Procaccinii Ung. Eriz, Islande.
Acer trilobatum Al. Br. Manosque, Monod.
— Ruminianum Heer. Manosque, Monod.
— otopterix Gœpp. Islande.
Juglans bilinica Ung. Monosque, Monod, Islande.
— acuminata Al. Br. Groënland.
Cratægus tenuifolia Sap. Arg. du bass. de Marseille.
Cercis Tournouëri Sap. Brognon près de Dijon.

La liste se trouve encore au complet; pourtant quelques-uns de ces genres ne reparaîtront plus : ce sont les *Platanus, Fraxinus, Liquidambar ;* il est à remarquer que ce ne sont pas les plus septentrionaux ; les Platanes et les Liquidambars habitent de préférence la zone tempérée chaude, circonstance qui explique leur exclusion de l'Europe par l'effet de la période glaciaire. Ici, les premières traces connues de ces genres se montrent dans les régions arctiques qui possédaient alors des espèces en commun avec l'Europe, et qui, plus chaudes que maintenant, subissaient pourtant l'influence de la latitude, puisque les espèces à feuilles caduques y dominaient déjà, et que plusieurs d'entre elles ne se répandirent que plus tard dans l'Europe moyenne, comme les *Betula prisca* et *macrophylla,* le *Platanus aceroides* et l'*Acer otopterix,* phénomène encore obscur, mais d'un grand intérêt, si l'on parvenait à le constater avec précision.

En abordant le Tongrien ou quatrième horizon, époque

décisive pour la question que nous examinons, je trouve préférable, à cause des affinités un peu complexes des flores que j'y rapporte, de les distinguer en deux horizons partiels, l'un, plus récent, touchant presque à celui que nous quittons, l'autre comprenant le Tongrien proprement dit. Je place sur le premier Radoboj et Armissan, localités fort riches et qui offrent une correspondance remarquable ; nous obtenons ainsi la liste suivante :

Alnus microdenta Sap. Armissan.
Betula dryadum Brngt. Armissan.
— Ungeri Andr. Rodoboj.
Ostrya atlantidis Ung. Radoboj, Armissan.
Carpinus grandis Ung. Radoboj.
Quercus magnoliæformis Sap. Armissan.
— oligodonta Sap. Armissan.
— sinuatiloba Sap. Armissan.
Castanea paleopumila Andr. Armissan.
Fagus atlantica Ung. Radoboj.
Celtis primigenia Sap. Armissan.
Ulmus Bronnii Ung. Armissan.
— prisca Ung. Radoboj.
— bicornis Ung. Raboboj.
Populus palæomelas Sap. Armissan.
— salerophylla Sap. Armissan.
— heliadum Ung. Radoboj.
Salix linearis Sap. Armissan.
Acer narbonense Sap. Armissan.
— pseudo-campestre Ung. Armissan.
— megalopterix Ung. Radoboj.
— campylopterix Ung. Radoboj.
Juglans radobojana Ung. Radoboj.
— basilica Ung. Radoboj.
Cercis radobojana Ung. Radoboj.

Ainsi, à la hauteur d'Armissan et de Radoboj, le groupe des genres européens ne semble plus aussi complet que dans les étages plus récents; cependant les principaux genres sont encore au moins aussi richement représentés qu'à l'époque actuelle, et les espèces, généralement fondées sur des organes saillants, ne donnent lieu à aucune incertitude relativement à leur attribution.

Le changement est plus sensible en avançant vers le Tongrien proprement dit, représenté par les flores de Saint-Jean-de-Garguier près de Marseille, de Saint-Zacharie (Var), d'Hæring et de Sotzka en Autriche; voici cette nouvelle liste :

Alnus prisca Sap. St-Zacharie.
Betula ulmacea Sap. St-Zacharie.
— pulchella Sap. Bass. de Marseille.
Ostrya tenerrima Sap. St-Zacharie.
Carpinus cuspidata Sap. St-Zacharie.
Quercus lonchitis Ung. Sotzka.
— elæna Ung. St-Zacharie.
Castanea atavia Ung. Sotzka.
Ulmus primæva Sap. St-Zacharie.
Populus leuce Ung. Sotzka.
Acer primævum Sap. St-Zacharie.
Juglans elænioides Ung. Sotzka.
Cratægus palæacantha Sap. St-Zacharie.

Les genres qui ne se retrouvent plus au-dessous de cet horizon sont les *Corylus, Fagus, Celtis*. L'absence des autres demeure douteuse, d'autant plus que nous en rencontrerons des indices à un âge bien plus éloigné. D'ailleurs, on aurait tort de conclure de l'absence d'un genre à sa non-existence absolue ; on peut admettre que dans beaucoup de cas sa position subordonnée a mis un ob-

stacle insurmontable à son passage à l'état fossile. Ce qui est assuré, c'est l'existence des genres qui figurent sur notre dernière liste à une époque où la végétation était encore revêtue d'un caractère tropical et australien très-prononcé. Plusieurs de ces genres, spécialement les *Alnus, Betula, Carpinus, Ostrya, Acer, Cratægus,* sont représentés par des formes dont l'analogie avec celles qui leur correspondent dans l'ordre actuel est vraiment surprenante.

Le troisième horizon, constitué principalement par la flore des gypses d'Aix, fera encore mieux ressortir ce phénomène. On y remarque les genres européens suivants, en tenant compte des plus récentes observations :

Alnus antiquorum Sap.	Populus Heerii Sap.
Betula gypsicola Sap.	Cornus sp. ?
Ostrya humilis Sap.	Hedera sp.
Quercus Salicina Sap.	Acer ampelophyllum Sap.
Ulmus plurinervia Ung.	Cratægus nobilis Sap.
	Cercis antiqua Sap.

Plus de la moitié des genres dont j'avais dressé la liste semble avoir disparu dans l'espace qui s'étend du miocène moyen à l'éocène supérieur. Ceux qui restent ne sont plus représentés dans chaque localité que par un très-petit nombre d'espèces ou même par une seule. La plupart cependant de ces espèces sont très-bien caractérisées et connues par les fruits aussi bien que par les feuilles. Le fruit de l'*Ulmus plurinervia,* trouvé dernièrement par M. Marion, indique une espèce très-voisine de notre *U. campestris.* Les feuilles du *Cratægus nobilis* se distinguent à peine de celles de notre aubépine. Le *Cercis antiqua* s'éloigne peu de notre arbre de Judée ; mais le *Betula gypsicola,* d'après l'examen de sa feuille, ressem-

blerait aux plus petites formes du genre; tandis que le *Populus Heerii* rappelle le *P. euphratica,* Oliv., par son fruit et le *P. Laurifolia,* Leb., par sa feuille. Il y a donc une diversité assez sensible dans l'affinité réciproque de ces types par rapport à ceux de nos jours. En général, ils sont plutôt remarquables par une sorte de rabougrissement des appendices foliacés, qui porte à leur attribuer une stature médiocre, que par leurs caractères différentiels qui n'offrent rien de bien saillant.

J'avais cru jusqu'ici que la flore d'Aix était réellement le point de départ de ce groupe boréal que nous avons vu reparaître avec tant de persistance à tous les degrés de la série des étages; ce qui me confirmait dans cette pensée, c'est que les étages antérieurs n'en renfermaient aucun vestige bien distinct; mais depuis quelques mois, l'étude approfondie des végétaux de la célèbre localité de Sézanne, appartenant à l'étage des sables de Rilly, m'a obligé d'abandonner cette opinion.

En effet, dans cette flore, la plus ancienne connue de l'époque tertiaire, j'ai observé au milieu d'une foule de Dicotylédones de physionomie exotique et d'attribution très-difficile, les traces d'une partie des genres européens dont nous venons de suivre la marche, et parmi eux j'en ai même rencontré quelques-uns qui semblaient absents des dernières flores que nous venons de parcourir. Voici quelle serait l'énumération de ces genres, en admettant comme fondées des présomptions suggérées par un examen à peu près définitif :

Alnus : deux espèces modelées, l'une sur le type de l'*Alnus cordifilia* Ten. et l'autre sur celui de l'*Alnus glutinosa* Gaertn.

Betula : espèce analogue au *B. lenta* L.

Dryophyllum Deb. : trois espèces analogues à certains *Quercus*, aux *Castanea* et aux *Castanopsis*.

Ulmus : espèce très-nettement caractérisée.

Populus : espèce analogue au *P. heterophylla* Desf.

Salix : deux espèces analogues aux *Salix fragilis* L. et *amygdalina* L.

Hedera : espèce reproduisant le type de l'*H. helix*, var. *hibernica*.

Cornus : espèce analogue au *C. officinalis* Lieb. et Zucc du Japon.

Juglandites : plusieurs espèces, dont une peu éloignée du *J. regia*.

Cet ensemble est remarquable par sa conformité avec les données précédentes; la plupart des genres dont nous avons constaté l'existence en dernier lieu reparaissent, et l'on ne remarque dans leur physionomie d'autre altération que celle qui résulte de l'aspect même de la végétation dont ils font partie, c'est-à-dire un développement du limbe foliacé, particulier à la plupart des plantes de Sézanne. Il semble, en les examinant, que l'époque où elles vivaient, ou peut-être seulement la localité où elles croissaient, ait favorisé chez elles cet épanouissement des organes appendiculaires qui contraste si fort avec les formes amaigries et coriaces de la période des gypses d'Aix. Quoi qu'il en soit de cette circonstance et malgré les doutes qui peuvent s'attacher encore à quelques-unes des attributions que je signale, la plupart de ces genres me paraissent dès à présent bien légitimement déterminés, tellement ils se rapprochent des types modernes correspondants. J'indiquerai les *Alnus, Ulmus, Salix, Populus, Hedera, Cornus* comme ceux dont l'existence inattendue à un âge aussi reculé me paraît le mieux démontrée.

Plus loin encore dans la craie supérieure, l'existence

des genres européens n'a été constatée que d'une manière très-vague. Les recherches sont trop nouvelles et les observations trop rares pour inspirer une confiance entière. Je crois donc que les *Carpinites, Acerites, Juglandites* de ce terrain devront être soumis à un nouvel examen avant d'être acceptés comme répondant à des types réellement alliés de ceux auxquels leur dénomination a été empruntée. Cependant j'ai eu dernièrement entre les mains des empreintes de la craie supérieure de Halden en Westphalie qui rappellent le genre *Alnus* par plusieurs détails de forme et de nervation; les *Dryophyllum* d'Aix-la-Chapelle ont des analogies trop étroites avec les Cupulifères pour être tout à fait étrangers à ce groupe; il faut encore mentionner le *Liriodendron Meckii,* Heer, signalé par M. Heer dans la craie supérieure du Nebraska, associé à des *Magnolia* [1] et à d'autres Dycotylédones, parmi lesquelles le savant professeur de Zurich a cru reconnaître les genres *Populus, Salix, Platanus,* trop douteux cependant pour que l'on puisse affirmer leur présence.

Il faut donc s'arrêter à cette dernière limite et terminer ce long examen. En dehors de toute théorie, il ressort de la marche combinée des types tropicaux et européens que ces deux catégories ont longtemps coexisté, sans s'éliminer mutuellement, mais simplement juxtaposées l'une à l'autre. Le temps pendant lequel a duré cette juxtaposition a été bien plus long qu'on ne l'avait supposé jusqu'ici. Il s'étend de l'extrême base de la série tertiaire jusque vers la fin de la mollasse suisse. En effet, à cette époque

[1] La persistance des types caractéristiques des régions tempérées actuelles jusque dans les terrains secondaires est encore attestée par des cônes du genre *Cedrus* d'une admirable conservation, observés par M. Heer dans la Craie de Moletein en Moravie.

seulement les types tropicaux déclinent, et sont successivement éliminés par les genres demeurés propres à la zone boréale dont la prépondérance s'accroît dans la même proportion. Entre ces limites, les deux groupes vivent associés, sans que la physionomie et les proportions relatives du groupe indigène aient beaucoup varié, quoique son rôle ait dû parfois s'amoindrir assez pour nous dérober les traces de son existence, ou du moins pour les rendre très-rares.

III.

Il suffit maintenant de résumer les notions qui précèdent pour en tirer des conclusions générales.

Si l'on considère les végétaux seulement, les temps géologiques se divisent assez naturellement en un certain nombre de grandes périodes phythologiques.

Dans la première et la plus reculée, on ne peut signaler d'une manière certaine aucun des genres actuels ; les Dicotyledones et les Monocotylédones sont absentes ; on observe exclusivement des Cryptogames vasculaires et des Gymnospermes ; une partie de ces plantes seulement rentre dans des familles encore existantes : les indices tirés de l'observation de celles-ci semblent annoncer l'existence d'une température tiède, humide, égale et soumise sur tout le globe à des conditions uniformes.

Dans la deuxième période, qui comprend le Trias, le Jura et une partie de la Craie, le caractère de la végétation change d'une manière sensible. On peut déjà signaler un petit nombre de genres identiques avec ceux du monde actuel : les végétaux se classent dans des familles encore existantes : mais les Dicotylédones sont toujours absentes, et les Monocotylédones se montrent à peine. Les indices

appréciables marquent l'existence d'une température rapprochée de celle qui règne dans les contrées australes, au voisinage des Tropiques, entre 20 et 30° de lat. S. On peut évaluer cette température à 20° C. en moyenne.

La Craie, à partir de ses étages moyens, constitue une troisième période, semblable à la précédente sous certains rapports par la persistance des mêmes genres. Cependant, les Cycadées commencent à décliner, les Pandanées et les Palmiers se développent, et enfin les Dicotylédones se montrent et se multiplient rapidement.

La signification que l'on doit attacher à ces différentes évolutions demeure pourtant entachée d'ambiguïté; puisque les types franchement tropicaux, comme les Pandanées, se trouvent dès lors associées à des types subtropicaux australiens, comme les Protéacées et les *Araucaria*, boréaliens comme les *Sequoia* et les *Cedrus* ou cosmopolites comme les Myricées. Tous ces indices combinés semblent dénoter une température tropicale n'ayant rien d'excessif, probablement variable selon les temps, dans une mesure qu'il est difficile d'apprécier.

Le tertiaire inférieur, en y comprenant le Tongrien, forme une nouvelle période pendant laquelle les genres demeurés depuis caractéristiques de la zone boréale, se montrent juxtaposés à des genres d'affinité tropicale ou subtropicale; mais les premiers demeurent stationnaires ou subordonnés, tandis que les seconds ne cessent de se développer et de maintenir leur prépondérance. Selon tous les indices, la température était alors celle des régions tropicales actuelles; mais le climat, c'est-à-dire la proportion d'humidité, la distribution et l'économie des saisons a dû varier à plusieurs reprises, changements que reflète l'aspect de la végétation qui diffère d'un étage à

l'autre ; tandis que celle des diverses localités d'un même étage se ressemble généralement. C'est par là qu'on peut expliquer la prédominance et l'exclusion alternatives des Protéacées, l'ampleur et le rétrécissement successif du limbe foliacé, à travers le Suessonien, l'Eocène et le Tongrien.

Le Miocène ou tertiaire moyen constitue à lui seul une cinquième période pendant laquelle la végétation de l'ancienne Europe atteint son plus haut degré de développement. Cet état de choses se prolonge jusqu'à la hauteur d'Œningen, mais sans rester stationnaire ; les types caractéristiques de notre zone ne cessent de se développer et de se compléter, ainsi que les types subtropicaux ; les tropicaux et les australiens tendent au contraire à s'éloigner et à disparaître.

L'âge pliocène constitue une dernière période pendant laquelle les types tropicaux sont définitivement écartés ; les subtropicaux persistent encore ; mais la prédominance désormais acquise aux genres européens tend à devenir de plus en plus exclusive ; tandis que la température, suivant le même mouvement, s'abaisse graduellement pour devenir de plus en plus pareille à celle que nous possédons maintenant.

Ainsi, en résumé, la température aurait subi autrefois des oscillations difficiles à définir ; mais elle aurait conservé, malgré ces variations, un degré d'élévation à peu près égal à celui qui existe maintenant sur les tropiques, jusqu'après le milieu des temps tertiaires.

Ce n'est qu'à partir de ce moment, c'est-à-dire vers l'époque où se déposait la mollasse suisse, qu'elle aurait commencé à décliner ; et cependant, bien avant cet âge de continuelles transformations avaient eu lieu au sein de

la végétation de l'ancienne Europe, changements corrélatifs d'une marche pour ainsi dire régulière à travers toutes les périodes. Il faut donc bien se garder de confondre les effets de la température avec ceux de l'évolution organique, qui a amené l'apparition puis le développement des divers types de végétaux.

Les deux phénomènes sont loin d'être l'un vis-à-vis de l'autre dans la relation de l'effet à la cause. Tout au plus si les modifications de la température ont constitué des circonstances occasionnelles auxquelles ont pu correspondre certaines évolutions végétales. Il est impossible à une si grande distance de conjecturer la nature des circonstances qui ont dû se produire ; mais, en admettant la présence de certains genres vraiment tropicaux comme une preuve de l'élévation de la température, on voit que les premiers types constatés ne correspondent que partiellement à cette élévation présumée ; tandis que d'un autre côté, l'apparition des types européens ne coïncide nullement avec un abaissement quelconque de la température primitive. On reconnaît aussi que ces types, ou du moins plusieurs d'entre eux, sont déjà fixés à une époque très-reculée, et n'ont pas varié depuis, pas même sous le rapport de la consistance du tissu foliacé, qui devait être membraneux et caduc, alors comme aujourd'hui.

A l'égard de la marche propre à tous ces genres, on doit distinguer deux sortes d'évoluions : l'une propre à des genres comme les *Alnus, Carpinus, Ulmus,* dont la physionomie est uniforme et qui comprennent un assez petit nombre d'espèces. Les espèces de ces genres, semblables dans le temps à ce qu'elles sont aujourd'hui dans l'espace, se retrouvent dès l'origine avec leur physionomie actuelle ; elles ne sont que des épreuves à peine diversi-

fiées d'un type peu variable. L'autre sorte d'évolution s'applique à des groupes plus nombreux, plus hétérogènes, qui renferment comme le genre *quercus* des espèces de formes et d'aptitudes très-diverses. Ici l'évolution a été plutôt successive, c'est-à-dire que certaines sections en ont précédé d'autres venues plus tardivement sur notre sol : cette marche plus ou moins régulière consiste en une sorte d'élaboration dans laquelle la notion de l'individualité spécifique s'affaiblit beaucoup. Dans les genres à physionomie fixe cette notion disparaît encore davantage ; tout concourt donc en paléontologie végétale à grandir l'importance du type au détriment de l'espèce ; puisque le premier ne cesse de manifester son action durant une très-longue période ; tandis que les espèces sorties de ce type se ressemblent entre elles, malgré la diversité des époques auxquelles elles appartiennent, au point d'être parfois peu susceptibles d'être distinguées.

La chaleur a pu être dans les temps paléozoïques plus élevée qu'elle ne l'est maintenant, même sous l'équateur ; cependant nous n'en avons aucune preuve directe par le moyen des plantes, depuis que le nombre des fougères arborescentes a été trouvé moindre qu'on ne l'avait cru d'abord. Nous savons seulement que la température de la surface terrestre était alors plus uniforme, plus égale que maintenant, et que les régions polaires elles-mêmes participant à cette égalité possédaient des végétaux pareils à ceux des autres contrées.

C'est là un fait considérable, mais dont il ne faut pas exagérer l'importance, puisque vers le miocène ce même fait existait encore.

Les formes polaires du terrain carbonifère, en partie au moins distinctes spécifiquement de celles des autres

régions contemporaines, ont pu se trouver susceptibles de supporter une température relativement plus froide que celle qui présidait à la végétation houillère du reste du monde. Il n'y aurait donc pas impossibilité de concevoir pour cette période primitive une gradation quelconque des climats.

L'absence des classes de végétaux autres que les Cryptogames et les Gymnospermes ne saurait être un argument en faveur d'une élévation excessive de la température dans ce premier âge, puisque le développement organique d'où le règne végétal est sorti s'est opéré dans un ordre successif et déterminé qui implique pour ainsi dire l'antériorité de certaines classes. Cette antériorité a dû dépendre au moins autant du mode d'évolution propre au règne végétal que du degré d'élévation de la température initiale. Tout au plus peut-on dire que les êtres s'étant trouvés de tout temps adaptés aux circonstances extérieures au milieu desquelles ils se produisent, on peut déduire par analogie de l'examen de ces êtres la détermination des circonstances elles-mêmes ; et c'est là qu'il faut s'arrêter en effet.

Quelle qu'ait été l'élévation initiale de la température ; sa plus grande uniformité, son humidité tiède, la densité probable de l'atmosphère, et une influence bien plus faible des latitudes, voilà à quoi se réduisent les données de la Botanique fossile, pour le temps des houilles. C'est au géologue stratigraphe à rechercher si, comme on l'admet généralement, la chaleur intérieure a pu agir encore efficacement pour accroître la température, à travers la croûte déjà épaisse de l'écorce terrestre, si les sources thermales pouvaient surgir, comme elles l'ont fait plus tard, à travers des couches bien moins repliées et fracturées, dans

des terrains pour la plupart non stratifiés et en l'absence d'élévations un peu considérables. Enfin la température initiale a dû comporter des combinaisons, climatériques certainement très-différentes de celles de l'époque suivante, puisque l'élimination de la plupart des types de cette première végétation a été rapide à partir d'un certain moment, et que beaucoup d'entre eux ont disparu pour toujours.

La température des temps secondaires, toujours en consultant les seuls indices provenant des plantes, n'a pas dû excéder, peut-être même n'a-telle pas égalé, celle des régions intertropicales actuelles.

Les types de ce temps qui existent encore *(Equisetum, Araucaria, Encephalartos)* tendent à le prouver. En tous cas le climat était autrement combiné et le sol plus accidenté qu'auparavant, puisque les Cycadées qui dominent alors ne sont pas des plantes de marais et de rivage, mais fréquentent de préférence les pentes et les collines.

L'apparition et le premier développement des Angiospermes et particulièrement des Dicotylédones a dû être le résultat d'une évolution organique; il est impossible de conjecturer si l'état de la température y a contribué en quelque chose. De grands changements organiques eurent lieu dans la seconde moitié de la Craie, et ces changements, liés peut-être à l'émersion des terres opérée alors sur une grande échelle, eurent pour résultat de favoriser l'essor des nouveaux types au dépens des anciens. Ce mouvement est encore plus accentué au commencement des temps tertiaires, où la plupart des groupes actuels, au moins ceux qui comprennent des végétaux ligneux, se montrent revêtus des caractères qui les distinguent et qui

depuis n'ont plus varié dans ce qu'ils ont d'essentiel. Si la température semble rester stationnaire, le climat ou les conditions extérieures de cette température paraissent avoir changé à plusieurs reprises. De là des variations très-sensibles par la prédominance ou l'exclusion de certains groupes et la physionomie caractéristique des végétaux de certaines flores. Du reste ces exclusions ne pouvaient être absolues, mais relatives à certaines régions ou aux localités en possesion de nous fournir des empreintes. Le groupe des Protéacées développé en premier lieu lors de la Craie supérieure, effacé pendant le dépôt du Suessonien, reparaît de nouveau après cette époque, et se manifeste jusque dans le Miocène. Cette intermittence est une des phases principales des alternatives qu'on remarque dans l'ancienne végétation, sans pouvoir encore les définir bien exactement. Rien n'indique, je le répète encore, que la température se fût alors sensiblement abaissée ; mais il est remarquable d'observer que les genres européens semblent avoir été favorisés dans leur essor par les circonstances même qui étaient défavorables aux types australiens et spécialement aux Protéacées [1].

[1] Il faudrait pouvoir insister sur ce double fait si concluant au point de vue de l'évolution organique des types végétaux qui semblent dans l'ordre actuel s'exclure réciproquement : les Pins et les Cèdres, Conifères maintenant propres à l'hémisphère boréal, se montrent en Europe dès les temps secondaires au milieu des *Araucaria*, des Protéacées et des formes de Cycadées, qu'on n'observe plus maintenant que dans l'autre hémisphère : d'autre part, ces derniers types ne quittent définitivement notre sol que dans l'époque tertiaire déjà bien avancée. Ainsi les types boréaliens actuels ont apparu au sein d'une végétation en grande partie australienne, et les types australiens ont disparu de notre zone, alors seulement que la végétation européenne avait déjà revêtu la physionomie qui la distingue. Ce n'est donc qu'à la longue que les divers ensembles végétaux se sont constitués et dif-

Celles-ci en définitive comme les Cycadées elles-mêmes, ainsi que le prouve la présence dans le miocène du *Zamites epibius* Sap. (Bonnieux), du *Lomatites aquensis* Sap. (Bonnieux, Manosque) et du *Grevillea anisoloba* (Brngt.) (Koumi) n'ont disparu totalement que lorsque les premiers se sont développés de manière à occuper une place importante dans la végétation.

Vers ce moment, c'est-à-dire après le Tongrien, la nouvelle révolution semble complétement achevée ; les divers groupes du règne végétal se trouvent combinés en Europe, à peu près comme ils le sont dans les régions subtropicales les plus favorisées du monde actuel.

La richesse de cette nature, dont la flore d'Armissan et plus tard celle d'Oensingen nous donnent deux magnifiques spécimens, est très-grande. Il ne faudrait pas en conclure pourtant que les formes végétales du monde entier fussent alors réunies en Europe ; mais l'Europe de ce temps n'avait rien à envier aux contrées actuelles les plus luxuriantes. Les latitudes n'exerçaient encore leur influence que dans une mesure assez faible ; les Palmiers très-multipliés dans l'Europe méridionale, le long des rivages de cette mer de la Molasse qui la partageait par le centre, devenaient moins nombreux au nord de cette mer. Les Laurinées alors très-abondantes pénétraient jusque dans le voisinage de la Baltique actuelle, où une feuille de Cannelier a été recueillie dans un morceau d'ambre ; des Cupressinées, probablement des *Thuiopsis*, dont cette substance était la résine, formaient au delà, concurremment avec des Pins, de vastes forêts ; plus

férenciés par le développement progressif des éléments qui les caractérisent et l'élimination tardive de ceux qui leur sont devenus étrangers.

loin vers le Nord, l'Islande et le Groënland possédaient, non-seulement des Pins et des Bouleaux, des Peupliers, des Saules, des Chênes et des Erables, mais encore des *Sequoia* et des *Salisburia*, des Ormes, des Charmes, des Figuiers, des *Magnolia*, des Tulipiers et des Vignes, dont les analogues ne se retrouvent maintenant que 12 degrés au moins plus bas vers le sud ; ces essences exigeaient pour fructifier et se propager une température moyenne que M. Heer n'évalue pas à moins de 9°,5 C. Au delà même du cercle polaire, au Spitzberg, vers le 79° lat. N., la végétation tertiaire, selon le même auteur, comprenait encore des Noisetiers, des Charmes, des Platanes, et cette végétation se prolongeait peut-être jusqu'au pôle même.

Telle était l'Europe dans l'âge Miocène; à la fin de cette période seulement, par l'effet de phénomènes que nous ignorons, ou peut-être par l'action de plusieurs causes combinées, la température tendit à s'abaisser ; cet abaissement une fois prononcé ne s'arrêta plus jusqu'aux temps glaciaires où, dépassant la mesure actuelle, le froid chassa de notre sol la plus grande partie des végétaux qui en faisaient autrefois l'ornement, et qui sans cette circonstance y seraient demeurés au moins en partie et y subsisteraient encore, le climat que nous avons, par suite d'un nouveau changement, s'étant plus tard adouci.

QUELQUES MOTS

SUR

L'AIR DANS LE CORPS DE L'OISEAU

PAR

M. V. FATIO

Les différents rôles de l'air dans le corps des oiseaux, ainsi que l'étendue et l'importance variable de cet élément dans les sacs et dans les os de ces animaux, ont été dès longtemps le sujet de nombreuses et sérieuses recherches. Beaucoup d'anatomistes et de physiologistes se sont tour à tour appliqués à l'étude de cette intéressante question.

M. John Davy [1] vient de reprendre tout dernièrement le sujet ; et, par de curieuses expériences, il a ouvert un nouveau champ aux recherches et ranimé la discussion.

Je profite donc de l'occasion, non pas pour revenir sur tout ce qui a été fait jusqu'ici, mais pour comparer rapidement une partie des résultats obtenus par le savant anglais, soit avec les idées généralement reçues, soit avec quelques-unes des observations que j'avais publiées moi-même en 1860 [2].

La structure particulière des poumons des oiseaux, leur fixité, la perforation de leur substance par des troncs

[1] « On the Bones of Birds at different Periods of their Growth. » By John Davy, M. D., F. T. S., etc. Received October 23, 1866. (*Proceedings of the Royal Society*, n° 88, vol. XV, p. 299, décembre 1866.)

[2] De avium corpore pneumatico, V. P. Fatio. Berlin, 1860. Thèse brièvement extraite dans les *Archives des Sciences phys. et natur.*, vol. VIII, nouvelle période, 1860.

bronchiques qui la traversent de part en part pour amener l'air extérieur dans de grands sacs membraneux répartis dans tout le corps, l'extension, enfin, de l'élément respirable jusque dans les os, tout cela est chose maintenant si connue, que je ne m'y arrêterai pas ici. Je ne parlerai pas davantage de la situation, du nombre et des formes variables de ces sacs élastiques, pas plus que de la manière dont ils enveloppent la partie perforée des os pour leur faire part de leur contenu : trop d'auteurs ont traité ce sujet. Depuis Aristote, jusqu'à Sappey [1] et Rainey [2], des Hunter, des Jacquemin, des Owen, des Nat. Guillot et tant d'autres ont accumulé, dans d'intéressants mémoires, descriptions sur descriptions.

M. Davy a pris une nouvelle direction; il a cherché à étudier la croissance des os avec l'âge et la progression de l'échange de la moelle contre l'air respiré. Sa première idée a été de s'assurer si tous les os sont également pleins pendant le jeune âge, et d'examiner s'il existe une différence entre la moelle qui remplit les os qui deviendront pneumatiques et celle qui est contenue dans les os qui ne seront jamais aériens. Ensuite, il a cherché à constater à quelle époque de la vie l'air arrive dans les os et comment cet élément vient remplacer la moelle. Il a fait pour cela de nombreuses observations anatomiques, chimiques et microscopiques.

M. H. Milne-Edwards résume dans ses leçons sur la physiologie [3], toutes les connaissances acquises jusqu'en

[1] Recherches sur l'appareil respiratoire des oiseaux, par Ph.-C. Sappey. Paris, 1847.

[2] Rainey, On the Minute Anatomy of the Lung of the Bird, Medico-chirurgical Transactions, 1849, XXXII, p. 47.

[3] Leçons sur la physiologie et l'anatomie de l'homme et des animaux, par H. Milne-Edwards, tome II. Paris, 1858.

1858. Chacun pouvant y trouver, soit une étude sérieuse de la question, soit une bibliographie complète des ouvrages qui ont paru sur le sujet, je ne discuterai ici que quelques points dont l'importance me semble plus que majeure, à cause des conséquences auxquelles ils peuvent amener.

Par l'écartement du sternum et des côtes, la cavité thoracique de l'oiseau augmente sa capacité, et soutire ainsi de l'extérieur, par la trachée, l'air atmosphérique qui doit venir oxygéner le sang dans les poumons, en même temps que remplir tous les sacs et tous les os vides du corps. Ce fait est simple jusqu'ici et bien facile à constater ; mais une attention plus scrupuleuse découvre bientôt d'importantes complications.

Les sacs ne sont pas tous dans les mêmes conditions ; tandis que les uns sont fixés aux mêmes pièces qui agissent sur l'inspiration du poumon, et participent aux mêmes actes respiratoires que celui-ci, d'autres, pour ainsi dire extérieurs, placés à l'avant et à l'arrière du corps, se trouvent isolés et soumis à d'autres conditions.

J'avais soutenu, en 1860, que ces sacs, quoique extra-thoraciques, s'inspiraient en même temps que les poumons; mais je m'étais trompé alors sur le rôle de quelques pièces osseuses. L'abaissement de la colonne vertébrale qui a lieu lors de chaque inspiration du poumon, ainsi que l'abaissement et l'écartement momentané des os du pubis dans cet instant, sont le résultat de l'effort de quelques muscles qui agissent dans le même but que les pectoraux pour le sternum, mais dans un sens contraire.

Je suis arrivé maintenant, dans de nouvelles recherches, et par une autre voie, à la même opinion que j'avais rejetée il y a quelques années. Je me fais un devoir de re-

lever une erreur qui entraîne après elle une interprétation un peu différente de quelques expériences, du reste exactes en elles-mêmes.

J'avais eu autrefois l'idée de fixer un petit manomètre à air libre à la section de l'humérus d'un oiseau pneumatique, et j'étais arrivé à dire que l'inspiration d'un os a lieu lors de l'inspiration du sac qui le fournit directement; je maintiens cette donnée, mais j'y ajoute seulement, qu'alors, *l'inspiration et l'expiration de l'os se font en même temps que celles des poumons et des sacs sous-costaux.*

Au moment de l'abaissement du sternum, l'air expulsé de la cavité thoracique est en partie chassé au dehors par la trachée, et en partie injecté dans les sacs extrathoraciques qui s'aident à l'attirer à eux. A ce moment même le liquide monte dans la colonne externe du manomètre, il semblerait que l'os participât à cette insufflation. Toutefois, il n'en est pas ainsi, car, le liquide étant libre dans le tube recourbé, l'élasticité qui en résulte dans l'instrument même change complétement les conditions de l'os, en lui permettant d'augmenter les dimensions de sa cavité interne.

M. John Davy dit avoir trouvé dans quelques humérus, près du foramen pneumaticum, une membrane qu'il pense devoir jouer le rôle de valvule intervertissant les courants. Je n'ai jamais pu découvrir de valvule dans de nombreuses sections de divers os, et le jeu parfaitement libre, en toutes circonstances, de l'air dans les deux sens, du sac à l'os, et *vice versâ,* me paraît assez prouver qu'aucun organe ne peut modifier ou diriger ce passage.

Voici comment je me suis toujours expliqué le renouvellement de l'air dans un os dont rien ne peut changer la capacité, dans un humérus par exemple. Tandis que les

parois abdominales se dépriment sous l'influence des muscles et des pièces osseuses qui en dépendent, l'extrémité humérale des pectoraux, adhérente à la face supérieure des sacs axillaires, s'abaisse aussi sous la pression de l'effort que ceux-ci dirigent vers le sternum ; la membrane élastique des sacs extrathoraciques est réduite à une tension moindre et à des dimensions moins fortes ; l'air est expulsé du côté des poumons qui le soutirent dans leur inspiration, en même temps qu'il est refoulé en partie dans les os les plus voisins.

Le sac axillaire joue vis-à-vis de l'humérus à peu près le même rôle que le poumon joue vis-à-vis de ce sac lui-même.

Sitôt que le sternum s'abaisse de nouveau, les sacs extérieurs se remplissent par leur appel et le rejet du poumon ; ils reprennent une plus grande capacité et soutirent alors, dans ce premier instant, du poumon, un air plus dense et plus frais, et de l'os, un air plus réchauffé et plus élastique.

Je veux bien admettre que pendant le point mort que l'on remarque entre les deux actes respiratoires contraires de l'oiseau, il se fasse un échange d'air entre l'os et le sac, à cause du rétablissement de l'équilibre ; mais je pense pourtant que, malgré ce courant régulier entre ces deux vases à des températures un peu différentes, il doit s'opérer dans la colonne d'air des mouvements saccadés en rapport avec les développements inverses des sacs.

L'os est passif, mais il faut bien se garder d'envisager les sacs extrathoraciques comme passifs aussi ; ils jouent au contraire très-activement leur rôle d'antagonistes.

L'air interne, poussé par différents moteurs, exerce donc sur un point de la surface externe de l'os qui lui

est le plus directement opposé, une pression qui doit être d'autant plus forte que les mouvements respiratoires sont plus violents et plus actifs. Peut-être se joint-il encore à cette action un amincissement de la paroi osseuse sur sa surface interne, par le dépouillement continuel des couches intérieures que M. Flourens a démontré s'opérer dans le développement des os. Quelques auteurs ont supposé, depuis longtemps, que ce devait être sous l'influence de cette pression que l'air perfore petit à petit les os, surtout pendant le vol. M. Davy a été encore plus loin, et après avoir supposé une relation entre le moment où les oiseaux prennent leurs ailes et celui où l'air pénètre leurs os, il a été jusqu'à dire que l'on pourrait considérer la moelle des os qui se vident comme jouant un rôle de nutrition assez analogue à celui du vitellus dans l'œuf.

Voici quelques données qui me semblent ressortir des expériences de ce dernier anatomiste, et venir jeter un nouveau jour sur la question, en l'approfondissant toujours davantage.

M. Davy a observé que la moelle des os destinés à devenir pneumatiques était, comme celle des autres os, plus sanguine et moins huileuse dans les premiers moments qui suivaient l'éclosion ; mais qu'il s'opérait ensuite une certaine transformation intérieure qui augmentait la proportion des globules huileux aux dépens des corpuscules sanguins ; et que c'était ainsi, par une sorte d'élimination progressive, qu'un humérus arrivait à se vider complétement dans l'espace de trois à quatre ou cinq mois suivant les oiseaux. Il a reconnu, en outre, que la membrane enveloppante interne était d'autant plus vasculaire que l'os était plus près du moment de son évacuation ; enfin, il a remarqué que le sang contenu dans les vaisseaux in-

térieurs passait d'une couleur sombre à une couleur plus rouge avec l'arrivée de l'air et le retrait de la moelle.

Il n'en faudrait pas davantage semble-t-il pour attribuer à l'air, non-seulement la perforation, mais encore l'évacuation de l'os.

Cependant, pour établir un rapprochement entre ces faits et le moment où le jeune oiseau commence à se servir souvent et librement de ses organes locomoteurs, de son aile ou de sa jambe, il faut encore que l'effort soutenu, au lieu de fatiguer et paralyser la respiration, comme chez les mammifères, vienne, au contraire, renforcer les actes respiratoires qui doivent perforer et activer la circulation qui doit éliminer.

Je citerai donc une bien simple expérience que j'ai repétée plusieurs fois. Si l'on mesure l'amplitude des oscillations de la colonne liquide dans le tube d'un manomètre fixé à l'humérus d'un pigeon adulte ; que l'on compte en même temps l'espace qui sépare les actes respiratoires, et que l'on osculte le cœur de l'oiseau, l'on trouvera, par exemple, pendant un repos complet, une seconde entre deux inspirations, avec une amplitude variable de 3 à 5, et même 10^{mm}, suivant l'âge et l'état de perforation de l'os, et 180 à 200 pulsations par minute.

Mais si l'on permet à l'oiseau de battre de son autre aile, comme pour voler, l'on verra alors les déplacements du liquide tripler, quadrupler même, quoique aux mêmes intervalles à peu près ; et cela aussi longtemps que l'oiseau produira des contractions des muscles à la fois moteurs et aspirateurs. Pendant ce temps, les pulsations s'accéléreront jusqu'à 5 à 6 par seconde, l'on en comptera souvent jusqu'à 350 et 400 par minute.

La respiration est donc, non-seulement indifférente chez

les oiseaux à l'action de l'effort, comme l'avait avancé Sappey ; mais elle est même considérablement aidée et multipliée par le fait de l'action des muscles pectoraux pendant le vol.

Hunter[1] a affirmé le premier, en 1774, qu'un oiseau peut respirer par la fracture de l'un de ses os pneumatiques, et vivre ainsi quelque temps avec la trachée fermée. Albers[2] a été jusqu'à entretenir longtemps en vie un oiseau auquel il avait lié la trachée et adapté une vessie pleine d'oxygène à l'humérus. J'ai moi-même reproduit très-facilement le chant de plusieurs oiseaux en insufflant, dans leur cadavre, de l'air au travers de leur larynx, depuis l'humérus.

J'ai étudié sur le manomètre fixé à l'humérus de divers oiseaux vivants les effets de l'éther et du chloroforme sur la respiration. J'ai observé des phases variées; mais le plus souvent c'était une amplification des mouvements de la colonne liquide dans les premiers instants, puis de fortes contractions des parois abdominales, puis un intervalle toujours plus grand entre deux actes respiratoires, et avec cela un ralentissement dans les battements du cœur et un abaissement de 2 à 3 degrés à un thermomètre placé dans l'anus. Quelquefois l'amplitude du mouvement de la colonne liquide dans le manomètre devenait presque imperceptible.

Arrêtant l'expérience après un temps variable suivant les sujets, de 5 à 15 minutes environ, et au moment où la respiration semblait devoir cesser, je voyais, au manomètre et au thermomètre, tout reprendre petit à petit son

[1] Sur les réceptacles aériens des oiseaux, par Hunter, t. IV, p. 255.

[2] Albers, Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Thiere, 1802, p. 109.

taux normal dans l'économie ; le rétablissement complet s'accélérait toujours très-vite, vers la fin, si je permettais à l'oiseau de battre de l'aile. J'ai éthérisé même des oiseaux plus promptement par leurs humérus que par leur trachée.

Il serait intéressant de pousser plus loin ces recherches physiologiques ; d'étudier ainsi l'effet de différents gaz et de certaines vapeurs ; d'examiner surtout scrupuleusement la membrane des sacs au point de vue de son absorption dans la nutrition et de son importance possible dans la respiration ; mais je ne veux pas empiéter ici sur des expériences que je compte reprendre bientôt.

Tous les os ne sont pas également pénétrés par l'air, et tous ne le sont pas à la fois ; la plus ou moins grande faculté de voler influe, comme nous l'avons dit, sur l'extension de cet élément.

Je crois pouvoir signaler un intéressant rapprochement entre cet accroissement de la pneumaticité dans l'oiseau avec l'âge, et l'extension de l'air dans le squelette des oiseaux de genres différents, suivant qu'ils sont plus ou moins bons voiliers.

La captivité qui gêne les mouvements, ralentit aussi l'étendue de la pneumaticité ; le squelette d'un oiseau qui a vécu en captivité ne sera pas aussi perforé par l'air que celui d'un autre individu, de même espèce et du même âge, qui aura vécu en liberté.

Davy nous montre même que la nourriture, plus ou moins végétale, influe sur la nature de la moelle, et par là sur son desséchement interne plus ou moins tardif.

Le but principal de l'air réchauffé dans le corps de l'oiseau, est évidemment d'alléger ses os, tout en leur conservant beaucoup de solidité, et d'augmenter leur surface pour

multiplier les points d'attaches de muscles nécessairement très-puissants. Ce but permet d'établir quelques règles générales sur la marche de la pneumaticité comparée : toutefois ces règles subissent comme tout autre, certaines exceptions apparentes qu'amène la nécessité de la force et de l'allégement simultanés. Un Bucéros, sans être très-bon voilier, possédera une pneumaticité très-étendue à cause du grand développement de ses os ; une Autruche aura son fémur aérien, et son humérus complétement plein, à cause de l'usage continu qu'elle fait de sa jambe et de l'inutilité comparative de son aile.

La perforation des os semble se faire du haut en bas du corps ; la tête, fournie directement par les fosses nasales, passe souvent la première, puis les vertèbres cervicales et dorsales, puis le sternum et l'humérus, les os de l'épaule, l'omoplate et les clavicules ; les côtés et le bassin viennent ensuite ; le fémur est le dernier perforé. Les autres os du bras et de la jambe qui sont quelquefois aériens dans certains oiseaux, suivent aussi la même progression ; l'avant-bras passe avant le tibia, et ainsi de suite. Si l'on étudie, après cela, la pneumaticité comparée des squelettes dans les diverses familles, l'on trouve, comme je l'ai dit, le même ordre dans l'extension de l'air avec l'emploi plus ou moins grand de l'aile chez les différents oiseaux ; aussi doit-il paraître naturel de commencer l'étude des squelettes, à ce point de vue, par le membre inférieur, pour remonter, en arrière et par déduction, aux autres parties du corps.

Joignons à cela l'observation de la tête de l'humérus plus ou moins en forme de cloche, l'étude de la position différente des trous pneumatiques sur les os en général et sur le fémur en particulier ; et nous comprendrons

alors comment cette sorte de recherches peut être aussi utile à la paléontologie[1] qu'à l'anatomie et la physiologie.

Je ne veux pas terminer cette courte notice sans ajouter à la raison principale de la présence de l'air dans le corps des oiseaux, quelques-uns des buts ou effets, pour ainsi dire secondaires, de cette disposition particulière.

Peut-être résulte-t-il de cette organisation une délicatesse plus ou moins grande, suivant les espèces, dans l'ouïe et l'odorat, par le fait d'une plus grande accumulation de l'air dans la cavité du tympan, et *par le courant plus fort de cet élément au travers des narines.* Beaucoup d'oiseaux s'entendent et se reconnaissent par leurs cris à des distances énormes : quelques autres sentent leur proie déjà à plusieurs lieues.

L'air qui passe en très-grande quantité au travers du larynx inférieur doit augmenter beaucoup l'intensité du chant ; car comment de tout petits oiseaux émettraient-ils des sons souvent si extraordinairement puissants.

La faculté qu'ont beaucoup de Rapaces de pouvoir s'élever à des hauteurs énormes sans en souffrir, provient, probablement, de la grande quantité d'air nouveau qui passe à chaque instant au travers de leurs poumons ; et, si l'oiseau n'éclate pas sous la pression de son air intérieur, c'est que l'échange est continu et le passage parfaitement libre.

[1] M. Alp. Milne-Edwards se propose, en effet, de faire usage des caractères tirés des trous pneumatiques, dans la détermination des os d'oiseaux fossiles, qu'il est en train de publier maintenant dans son superbe ouvrage intitulé : Recherches anatomiques et paléontologiques pour servir à l'histoire des oiseaux fossiles de la France.

Enfin, la perception si délicate des moindres modifications atmosphériques que l'on attribue généralement aux oiseaux (jusqu'à en faire des baromètres et des oracles infaillibles) peut s'expliquer, jusqu'à un certain point, par les nombreux contacts qui existent dans le corps de ces animaux entre les organes sensibles internes et un air qui est toujours dans un rapport constant, soit dans sa tension, soit dans sa température, avec l'atmosphère ambiante.

OBSERVATIONS

AU SUJET

DES TRAVAUX DE M. MAX SCHULZE

SUR

LA TACHE JAUNE DE LA RÉTINE

SON INFLUENCE SUR LA VISION NORMALE ET SUR LE DALTONISME

PAR

M. le Dr H. DOR

Dans un premier travail (avril 1866), M. Schulze appela l'attention du monde scientifique sur l'influence que devait avoir sur l'intensité et l'étendue subjectives du prisme, la présence du pigment dans la tache jaune et la *fovea centralis* de notre rétine. (La fovea centralis est, elle aussi, colorée en jaune tout autant que la *macula lutea.*) Ce pigment est une masse d'un jaune citron ou orangé pâle qui ne se mêle et ne se dissout point dans l'eau, et semble être de nature graisseuse. Il est déposé entre les fibres et les cellules de la rétine. La coloration de ce pigment est encore très-intense, même à un grossissement de 3-400 diamètres, si l'on a soin d'éloigner soit par un lavage, soit en les déchirant, les cellules, les fibres et autres éléments de la rétine qui se troublent après la mort. On obtient ainsi dans le champ du microscope quelques places d'un jaune si marqué, que l'éclairage avec la lumiere donne des résultats très-positifs. M. Schulze se servit pour ces recherches de verres colorés qu'il interposa entre le miroir et le porte-objet (en écartant autant

que possible la lumière directe). L'absorption d'une certaine quantité de lumière bleue est évidente si l'on interpose un verre bleu cobalt, car au travers du pigment le bleu paraît noir. Ainsi, un verre vu par une seule tache, celle de l'œil observateur, paraît bleu, tandis qu'il devient noir si l'on tient encore une seconde tache jaune devant l'œil. Un œil sans macula verrait donc encore plus de bleu. Cette absorption est également forte pour tous les rayons ultra-violets et en tout cas plus forte que celle de la fluorescence de l'œil. Il ne fut pas possible de constater l'absorption d'autres couleurs que du bleu; toutefois M. Schulze croit pouvoir admettre qu'une partie du rouge est également absorbée, et cela parce que le verre bleu cobalt, qui, comme on le sait, laisse passer une certaine quantité de rayons rouges, paraît noir.

M. Schulze parle ensuite longuement des expériences faites jusqu'à aujourd'hui avec la santonine. La santonine et le santoniate de soude, pris même à une dose assez faible, font voir tous les objets colorés en jaune. Il a répété lui-même plusieurs fois ces expériences. En même temps qu'apparaît la teinte jaune sur les objets clairs, tous les objets foncés sont colorés en bleu violet foncé, et M. Schulze explique très-bien cette coloration violette par l'effet de l'image complémentaire. Ainsi s'explique également l'expérience de Rose. (On sait que Rose a démontré que pendant l'intoxication santonique une flamme jaune paraît jaune vue au travers d'un seul verre jaune, et violette au contraire au travers de plusieurs verres. En effet, ces verres obscurcissent l'image claire et font apparaître l'image violette complémentaire [1].

[1] Il resterait encore à expliquer les faits cités par Schelske qui prétend que presque chacun est daltoniste dans les régions excentriques

Les effets de l'intoxication par la santonine sont donc, suivant M. Schulze : 1° Diminution du spectre à l'extrémité violette. 2° Diminution à l'extrémité rouge. 3° Vision colorée en jaune. Puis il ajoute : « Il est à peine douteux que le daltoniste ne voie aussi jaune ou jaune verdâtre. Mais il le voit aussi peu que nous qui, à cause de notre macula lutea, sommes à quelque degré aveugles pour le violet et le rouge, par conséquent ne voyons jamais le blanc pur. Les perturbations de couleurs que présentent les cas de daltonisme congénital reposent en partie sur les mêmes symptômes primordiaux, cécité pour le violet et le rouge, et vision jaune. »

Les mêmes résultats s'obtiennent en regardant au travers d'un verre jaune : le bleu de Prusse devient vert; le violet clair et le bleu clair, gris; l'outremer, noir. E. Rose a publié de 1859 à 65 une série de travaux sur le même sujet. Il a examiné la rétine d'animaux qui avaient avalé une quantité considérable de santonine. Il est vrai que ces animaux n'ont jamais dit s'ils voyaient jaune. Il a ophthalmoscopé des personnes qui en avaient pris diverses doses à titre d'expérience. Le résultat fut négatif. Il a également examiné des malades atteints de jaunisse, qui, on le sait, présentent les mêmes hallucinations du sens de la vue, mais à un moindre degré, et il arrive à la conclusion que la coloration de la cornée, du cristallin et du corps vitré ne suffisent pas pour pro-

de la rétine. D'abord nous nions le fait pour nous-mêmes, car tant que nous apercevons encore les objets, nous distinguons le rouge du vert, même aux limites extrêmes de la vision latérale ; puis l'acuité de la vision en général diminue si rapidement à mesure que l'image s'éloigne de la macula lutea que la chromatopseudopsie excentrique est probablement en rapport direct et proportionnel avec l'excentricité de la vision et l'amblyopie naturelle qui en dépend.

duire la cécité du violet. La cause de toutes ces perturbations du sens de la vue est pour lui une affection nerveuse. M. Schulze croit à une pigmentation plus intense de la macula lutea. Toutefois, il fait ses réserves : « Je me garde bien de prétendre, dit-il, qu'une coloration plus intense de la macula lutea suffise pour expliquer tous les cas de daltonisme observés jusqu'ici. J'ai seulement voulu montrer qu'une coloration plus intense de la tache jaune peut expliquer la cécité pour le violet, un léger degré de celle pour le rouge et toute une série de perturbations dans la vision des couleurs. »

Il voit encore dans la coloration jaune de la portion la plus sensible de la rétine un moyen de diminuer l'aberration chromatique de l'œil. Cette correction sera d'autant plus puissante qu'elle aura lieu immédiatement devant le point où se produit l'image nette. Plus l'absorption des rayons extrêmes du spectre sera complète, et plus aussi la correction sera parfaite. Une tache jaune foncée remplit mieux son but qu'une plus claire. M. Schulze croit même voir plus distinctement au travers d'un verre jaune que sans cela. Enfin il ajoute que parmi les oiseaux qui, comme on le sait, ont dans les cônes de la rétine des cellules pigmentaires très-fortement colorées, le hibou, oiseau de nuit, fait exception.

Nous avons jusqu'ici reproduit les idées de M. Schulze. Qu'on nous permette d'y faire quelques additions. Les expériences de E. Rose avaient déjà démontré d'une manière très-évidente que le daltonisme, au moins dans ses manifestations les plus habituelles, différait sensiblement de la chromopsie santonique. Les essais de M. Schulze n'ont donc rien de neuf sous ce rapport, mais ce qui les rend intéressants, c'est l'idée qui n'était point venue à

Rose de chercher dans la coloration différente de la macula lutea une explication des nombreuses variétés que l'on observe dans l'appréciation des couleurs. C'est là évidemment, si les observations microscopiques que l'on pourra dans la suite faire sur les yeux des daltonistes confirment les prévisions de M. Schulze, le point de départ d'une théorie physiologique de cette affection, jusqu'ici si obscure.

Poussé par le désir de vérifier ces faits, nous avons répété les expériences avec la santonine. Voici ce que nous avons observé :

L'action de la santonine se borne à produire pour toutes les couleurs l'addition d'une certaine quantité de rayons jaunes et l'absorption de quelques rayons bleus ou violets. Tous les jaunes paraissent plus intenses, les rouges plus orangés, les verts moins bleus, les bleus clairs plus foncés et les bleus foncés noirs ; les violets sont plus franchement violets (moins bleus). Mais, sauf pour les bleus très-foncés qui paraissent noirs, et les verts gris sale qui paraissent plutôt teinte neutre, il n'y a pas de perturbation de couleur, et un verre jaune posé devant l'œil produit absolument le même résultat. La seule différence, c'est que le verre jaune ne produit pas la vision violette, c'est-à-dire que les noirs restent noirs. Toutefois, si l'on regarde longtemps avec un verre jaune un papier blanc et bien éclairé, on voit paraître sur les bords du verre ou sur le papier, si l'on ôte brusquement le verre, une légère teinte violette. Au lieu de voir plus nettement au travers d'un verre jaune, nous voyons au contraire d'une manière moins précise les détails d'objets éloignés.

Nous avons été étonnés de la promptitude de l'effet de

la santonine. En effet, cinq grains de santoniate de soude pris à jeun suffisent pour produire tous ces phénomènes et très-accentués au bout de douze minutes. On éprouve alors une espèce de vertige : la tête est lourde, de légères nausées accompagnent un malaise général, puis l'on s'aperçoit que tous les objets qui vous entourent ont pris une autre coloration, ou jaune, ou d'un bleu violet, suivant que l'objet que l'on regarde est clair ou foncé. Ce passage du jaune au violet produit d'abord un chatoiement pareil à celui qu'on éprouve lorsqu'on ouvre et ferme rapidement les paupières plusieurs fois de suite, ou lorsqu'on regarde avec deux yeux à la fois au travers de verres diversement colorés, par exemple jaune et bleu cobalt ; puis l'œil semble s'y accoutumer. Cette sensation désagréable d'inconstance de la vue disparaît, et l'on peut étudier tranquillement les symptômes de la chromopsie : un léger malaise reste seul et disparaît seulement, comme la coloration jaune, au bout de quatre à cinq heures.

L'absorption d'une légère quantité de rayons violets ne saurait être mise en doute, mais il n'en est pas de même pour les rayons rouges, et l'expérience de M. Schulze avec le verre cobalt ne nous paraît nullement probante, car pour apercevoir les rayons rouges à travers le verre cobalt, il faut une lumière beaucoup plus considérable que celle dont on dispose pour un examen microscopique à un grossissement de 3-400 diamètres. En outre, nous pouvons dire après avoir examiné consciencieusement plus de soixante daltonistes, que leur chromatopseudopsie était toujours différente de celle produite par la santonine. L'étude des changements causés dans la vision des couleurs par l'emploi de verres colorés donne

quelques résultats positifs. Les verres colorés d'une couleur quelconque laissent passer les rayons de la même couleur, arrêtent ceux de la couleur complémentaire et modifient différemment les autres couleurs agissant diversement sur les rayons variés qui peuvent les composer. Un verre rouge, par exemple, laissera passer tous les rayons rouges et interceptera les verts. Si donc nous regardons au travers d'un verre pareil, deux couleurs rouge et verte d'une égale intensité lumineuse et d'une égale clarté, la rouge nous paraîtra tout à fait claire et la verte très-foncée ou noire. Toutes les couleurs qui renferment des rayons rouges, le violet, le rose, l'orangé, deviendront plus claires, celles qui renferment des verts, l'olive, le vert bleu, quelques nuances de brun et de gris, plus foncées.

L'action du verre vert est toute contraire. Les rouges deviennent tous plus foncés, mais en même temps ils ont perdu leur couleur primitive pour apparaître ou gris, ou bois, ou feuille morte, suivant leur nuance ou les autres couleurs qui peuvent leur être mélangées. Les verts, par contre, sont plus clairs, mais en même temps, comme des rayons verts se mêlent à toutes les autres couleurs, on a souvent de la peine à distinguer leur couleur, et eux aussi apparaissent gris ou bois, ou olive. On peut de ces deux exemples déduire l'action de presque tous les verres colorés.

Pour examiner la vision des daltonistes, nous nous servons d'écheveaux de laine de toutes couleurs et de toutes nuances (nous en possédons à peu près une centaine de différents) que nous mélangeons en priant les personnes dont nous voulons examiner la vue sous ce rapport d'en opérer le triage et de les grouper par couleur. Constam-

ment ils commettent les erreurs que l'on a déjà si souvent décrites. En essayant moi-même avec différents verres, il m'arrivait bien avec tous de commettre certaines erreurs de nuances, surtout dans les couleurs claires, comme le rose chair, le vert-pomme, ou au contraire dans les nuances très-foncées du bleu, du brun, du vert ou du violet, que l'on confond facilement avec le noir, le verre absorbant toujours une certaine quantité de rayons lumineux. Quant aux couleurs vives et nettement accusées, il était facile de les reconnaître, sauf celle de la même couleur que le verre ou sa couleur complémentaire.

Un seul verre, le vert, faisait exception à cette règle et me faisait de suite tomber dans les mêmes erreurs que commettent les neuf dixièmes des daltonistes, qui confondent le vert et le rouge, le gris et le bleu, le violet et le bleu, etc.

Si donc les conclusions de M. Schulze sont justes, si la coloration de la tache jaune est la cause de la diverse appréciation des couleurs, on peut *a priori* avancer que cette pigmentation doit être *verte* chez la plupart des daltonistes. Ce sera à l'observation nécroscopique à confirmer ou à renverser cette hypothèse. Je dois ici noter en passant que l'emploi de verres colorés, comme du reste Seebeck, Wartmann et d'autres l'avaient déjà démontré, est d'une grande utilité pour les daltonistes. Ils sont toujours capables par leur moyen de déterminer la véritable couleur d'un objet, quoiqu'ils n'arrivent point à la voir comme nous. J'ai pu rendre à plusieurs d'entre eux des services signalés en leur donnant une collection de verres colorés, mais il faut que le nom de la couleur soit indiqué sur chacun. Un officier de génie prussien, par exemple, devait, pour tous ses plans, suivre une légende donnée : il fallait peindre en vert les prés et les vergers, en brun les routes,

en bleu les cours d'eau. Souvent il se trompait, toujours il hésitait entre ses couleurs. Si par contre il prenait un verre, par exemple celui qui portait le nom de « vert, » il voyait immédiatement tous les verts beaucoup plus clairs et les séparait ainsi des autres couleurs, et ainsi de suite pour d'autres verres. Une étude approfondie de la vision au travers de verres colorés pourrait éclaircir encore mainte question obscure de la théorie des couleurs. Ainsi, par exemple, l'on admet que la coloration d'un verre laisse passer certains rayons et en absorbe ou arrête d'autres. Or, nous connaissons l'action d'un verre vert; si à celui-là nous ajoutons sa couleur complémentaire, le rouge, nous arrêterons ainsi tous les autres rayons et nous devrons théoriquement obtenir un verre noir. C'est en effet ce qui a lieu si les deux verres sont suffisamment foncés, mais ce n'est plus le cas pour des verres à coloration claire. Si nous regardons un rose pâle ou un violet clair avec un verre vert clair, les deux couleurs nous paraissent gris sale, les rayons rouges contenus dans ces couleurs ne parviennent plus à notre œil, mais si, conservant le verre vert nous ajoutons entre ce dernier et notre œil un verre violet clair, le rose redevient rose et le violet violet. Il faut donc que le second verre ait ajouté des rayons rouges à la somme de ceux qui avaient traversé le premier verre, comme nous avons vu précédemment le verre jaune ajouter des rayons jaunes à ceux de tous les objets.

Les diverses théories qui ont été proposées jusqu'à aujourd'hui pour expliquer le daltonisme sont de trois natures différentes. Les premières, dites théories chromatiques, admettent que les milieux de l'œil (Dalton) ou la rétine (Brewster) doivent être colorés et absorber ainsi certains rayons.

L'on sait que Dalton admettait cela de son propre œil, et que de son vivant [1] il avait converti Prévost à son idée, mais il résulte de l'examen *post mortem* qu'il avait demandé lui-même et qui fut fait par Ransome, « que l'humeur aqueuse était parfaitement transparente et incolore. L'humeur vitrée et son enveloppe étaient aussi parfaitement incolores. Le cristallin présentait une teinte légèrement ambrée comme toujours chez les personnes âgées. La rétine, la choroïde et la sclérotique n'offraient aucune particularité [2]. » La théorie de Brewster, qui admettait une coloration de toute la rétine, n'étant qu'une supposition sans base anatomique, fut bien vite abandonnée.

Les secondes, théories cérébrales, sont celles des phrénologistes, qui admettent que le sens des couleurs réside dans une portion du cerveau correspondant au milieu de l'arcade sourcilière. Les daltonistes auraient l'arcade sourcilière très-aplatie (?!)

Les troisièmes enfin, théories rétiniennes admises par Harvey, Young, Jüngken, Kelland, et défendues en dernier lieu avec beaucoup de talent par Wartmann, admettent que les fibres de la rétine sont capables de vibrer de la même manière sous l'influence d'excitations diverses, comme une vitre peut être mise en vibration par plusieurs notes du même piano.

La théorie de *Young-Helmholtz*, admise presque seule dans les derniers ouvrages d'optique physiologique, ne diffère en rien de la précédente. *Bohn* [3] l'attaque en disant que, si la rétine possède trois ordres d'éléments divers, sensibles les uns pour le rouge, les autres pour le

[1] Taylor's scientific Memoirs, 1846, p. 182.

[2] Henry's Life of Dalton, p. 202.

[3] *Poggendorff's Annalen*, t. 125, p. 87.

vert, et les derniers pour le violet, une surface uniformément rouge devrait nous présenter des points très-rouges alternant avec d'autres légèrement verts et violets. Mais *Meissner*[1] réfute *Bohn* en prétendant que la théorie de *Young-Helmholtz* n'attache pas une grande importance à l'existence des trois éléments différents, mais plutôt à trois excitations diverses que l'on peut supposer agir sur un seul et même élément.

Interprétée de cette manière, la théorie *Young-Helmholtz* ne diffère donc plus de celle de *Wartmann.*

L'explication de M. Schulze rentre dans les théories chromatiques et se rapproche de celle de Brewster, toutefois avec la différence capitale que la supposition de Brewster, que la rétine serait colorée, ne s'est pas vérifiée, tandis que l'existence du pigment dans la tache jaune est un fait confirmé tous les jours par l'expérience. Georges Wilson eut le premier le mérite d'avoir attiré l'attention des physiologistes sur l'action de la tache jaune (1855). Ce sont ses idées qu'a développées M. Schulze en faisant directement l'examen microscopique, et c'est dans cette direction que l'on doit aujourd'hui poursuivre les recherches. Il est à regretter que l'on n'ait pas fait l'examen microscopique de l'œil de Dalton. Mais les cas de daltonisme ne sont point si rares, et le microscope ne tardera pas à décider la question.

La coloration jaune, même intense, de la macula lutea ne nous paraît nullement pouvoir expliquer le daltonisme, mais nous nous rangerons à la théorie chromatique du jour où l'on nous montrera une macula *verte.*

[1] *Henle's Jahresbericht für 1865* (paru en 1867).

DE LA
CONSTITUTION DES COMPOSÉS CHLORÉS ET OXYGÉNÉS
DU TANTALE ET DU NIOBIUM

PAR

MM. H. SAINTE-CLAIRE DEVILLE ET L. TROOST

On n'a pas oublié les beaux travaux que M. de Marignac a publiés tout récemment sur les composés fluorés du nobium et du tantale[1]. Henri Rose, à qui l'on doit la découverte de l'acide niobique, avait été, sans doute, trompé par la présence dans les divers minerais du niobium de quantités variables d'acide tantalique, et il avait conclu à l'existence de deux acides que M. de Marignac a réduits à un seul en changeant sa formule : l'acide niobique Nb^2O^5. Par suite, les deux chlorures de niobium de H. Rose sont devenus l'un le chlorure Nb^2Cl^5 et l'autre un oxychlorure $Nb^2O^2Cl^5$. Ces deux composés sont tous les deux volatils, et il nous a été possible d'en prendre les densités de vapeur qui concordent parfaitement avec les idées développées par M. de Marignac[2].

Il était utile cependant de démontrer par voie synthéthique la présence de l'oxygène dans l'oxychlorure de niobium; c'est ce que nous avons fait au moyen de l'expérience suivante.

De l'acide niobique pesé dans une nacelle de platine a été placé dans un tube de verre entouré de clinquant

[1] *Archives*, 1865, t. XXIII, p. 167 et 249; 1866, t. XXV, p. 5.
[2] *Archives*, 1865, t. XXIII, p. 222.

et traversé par un courant d'acide carbonique sec. Du chlorure de niobium Nb^2Cl^5, fusible à 194° et bouillant à 240°, a été volatilisé un grand nombre de fois en passant sur de l'acide niobique chauffé au rouge. Celui-ci a presque entièrement disparu et a transformé le chlorure fusible Nb^2Cl^5 en une matière blanche, soyeuse, non fusible et volatile à 400° environ, présentant enfin les caractères distinctifs de l'oxychlorure de niobium avec tant de netteté que toute confusion était impossible. La transformation a eu lieu en vertu de la réaction suivante :

$$2\,Nb^2O^5 + 3\,Nb^2Cl^5 = 5\,Nb^2O^2Cl^3.$$

La même expérience a été tentée en substituant l'acide tantalique à l'acide niobique, et le chlorure de tantale Ta^2Cl^5 au chlorure de niobium Nb^2Cl^5. La nacelle d'acide tantalique a subi une légère diminution de poids. Mais le chlorure de tantale a conservé toutes ses propriétés, sauf cependant qu'il contenait un peu de chlorure de niobium provenant peut-être de l'acide niobique renfermé comme impureté dans l'acide tantalique employé.

Le produit volatil, distillé sept fois en passant sur cet acide tantalique, avait la composition suivante :

	Observé.	Calculé [1].
Tantale. . . .	50,9	50,62
Chlore	49,1	49,38
	100 *	100

[1] L'accord entre le calcul, d'après l'équivalent de M. de Marignac et l'observation, est rendu plus frappant encore quand on prend les nombres de l'analyse, savoir : un poids donné de Ta^2Cl^5 a fourni : AgCl 3gr,000 et $Ta^2O^5 = 0,930$. D'où $3000 : 930 = 143,4 \times 5 : x = 222,27$, d'où $Ta^2 = 182,27$. M. de Marignac avait donné 182 d'après les fluotantalates. M. D.

* Excès 0,66 %.

L'acide tantalique provenant de cette analyse jaunissait légèrement à une température élevée, ce qui décèle la présence d'une petite quantité d'acide niobique (d'après M. Delafontaine).

Cette expérience négative explique pourquoi l'on n'a pas encore pu obtenir l'oxychlorure de tantale correspondant à l'oxychlorure de niobium et sert de confirmation éclatante à la th orie de M. de Marignac sur la constitution des composés de ces deux éléments.

Le chlorure de tantale lui-même a été pour nous le sujet d'une étude attentive.

M. Delafontaine, le savant professeur de Genève, à qui M. de Marignac avait confié un peu d'acide tantalique pur, a bien voulu traiter en outre dans le laboratoire de l'École normale les échantillons d'acide tantalique impur sur lesquels nous avions opéré jusqu'ici, et de chlorure de tantale dont nous avions pris la densité de vapeur (voir *Comptes rendus*, tome LVI, p. 894). Il a mis à profit l'excellente méthode de M. de Marignac pour séparer à l'état d'oxyfluoniobate de potasse soluble l'acide niobique qui souillait nos échantillons d'acide tantalique, et il a fini par nous mettre en possession d'échantillons irréprochables sur lesquels nous avons opéré avec sa collaboration pour faire les recherches qui vont être décrites et dont, nous l'espérons, il voudra bien prendre sa part. Le chlorure de tantale, obtenu avec cet acide tantalique, est un solide cristallisable, fusible à 211°,3, bouillant à 241°,6 sous la pression de 753^{mm}. Il est jaune pâle, s'altère rapidement à l'air en produisant des fumées à peine visibles d'acide chlorhydrique pur et se recouvrant d'acide tantalique.

Son analyse a donné les résultats suivants :

	Observé.	Calculé.
Tantale. . . .	51,25	Ta^2 50,62
Chlore	48,75	Cl^5 49,38
	100 *	100

C'est l'échantillon qui nous a servi à déterminer la densité de vapeur du chlorure de tantale, et que nous sommes autorisés à considérer comme contenant de l'acide tantalique provenant de l'altération qu'il est impossible d'éviter dans le maniement d'une substance aussi avide d'eau. La densité de vapeur a été prise dans la vapeur de mercure à 360°, elle nous a donné les résultats suivants :

Baromètre	762^{mm}
Température du baromètre et de la balance	22°,8
Excès du poids.	2057^{mg}
Volume de ballon	341^{cc}
Air resté	2^{cc},6
Densité observée	12.8
Densité calculée $Ta^2=182$	12,5

En tenant compte du résidu d'acide tantalique laissé au fond du ballon, cette densité confirme d'une manière complète la formule Ta^2Cl^5 admise par M. de Marignac et l'équivalent 182 qu'il a déterminé par ses analyses. Une autre expérience a été faite à 440° dans la vapeur de soufre ; la quantité de matière introduite dans le ballon était insuffisante, et le résidu d'acide tantalique a exercé sur le résultat une influence en rapport avec l'augmentation de la température. Elle a donné le nombre 13,0 qui prouve seulement que cette densité de vapeur ne diminue pas

* Excès 0,97 %.

avec la température, et que, par conséquent, le chlorure de tantale en vapeur se dilate de 0,00367 de son volume à 0° pour chaque degré thermométrique.

Baromètre	762,3
Température du baromètre et de la balance	22°,8
Excès de poids	1535^{mgr}
Volume du ballon	384^{cc}
Air resté	39^{cc}

Si on traite par la potasse liquide la matière restée dans le ballon pour essayer de séparer le chlorure de tantale de l'acide tantalique qui le souille, on n'obtient jamais la solution complète du chlorure de tantale dans l'alcali. Cette circonstance nous a privé d'une vérification fort précieuse que nous avions appliquée déjà à la détermination de la densité de vapeur des chlorures de niobium entièrement solubles dans la potasse diluée, et ainsi séparables de l'acide niobique anhydre restant comme impureté dans le fond du ballon.

La densité de l'acide tantalique obtenu par la décomposition de ce chlorure de tantale par l'eau ammoniacale et calciné au rouge sombre est de 7,35. M. Henri Rose trouve qu'elle peut varier de 7,05 à 8,3. Nous avons opéré sur 1^{gr},083 provenant de l'analyse citée plus haut. Tous les résultats sont donc absolument confirmatifs des belles recherches de M. de Marignac sur ces matières rares et difficiles à traiter.

Nous sommes très-heureux de rendre ce témoignage à notre savant ami.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

BALFOUR-STEWART et TAIT. DU RÉCHAUFFEMENT QU'ÉPROUVE UN DISQUE PAR LE FAIT DE SA ROTATION RAPIDE DANS LE VIDE. (Séance de la Société Royale de Londres du 30 octobre 1866.)

Nous ne reviendrons pas ici sur l'appareil décrit par les auteurs dans un précédent mémoire, ni sur les premiers résultats qu'ils ont obtenus, et qui se trouvent consignés dans le Bulletin de nos Archives pour février 1866. Le numéro 88, volume 15 des « Proceedings de la Société Royale » contient une nouvelle série d'observations faites avec le même appareil. Dans ce second mémoire, les auteurs cherchent à démontrer, soit à l'aide du calcul, soit au moyen de nouvelles expériences, que le réchauffement observé sur le disque d'aluminium tournant ne peut être attribué : 1° à des courants électriques développés sur le disque par l'action du magnétisme ; 2° à une élévation de température développée par le frottement de l'axe de rotation contre les supports ; 3° à un réchauffement des rouages ; 4° aux vibrations imprimées au disque par sa rotation, et dont l'énergie, par l'effet de la résistance de ce disque à modifier sa forme à chaque instant, aurait pu se convertir en chaleur. Ils montrent ensuite que le réchauffement en question est en grande partie indépendant de la densité et de la composition chimique de la petite quantité de gaz restée dans la cloche, en prouvant que ce réchauffement varie très-peu entre les limites de densité de 1,1 pouce et 0,25 pouce, soit qu'on emploie de l'air atmosphérique, du gaz hydrogène ou le gaz d'éclairage. Enfin, ils montrent que la quantité de chaleur, développée sur des disques de

même surface et placés dans des circonstances analogues, paraît être sensiblement la même. En soumettant, en effet, successivement à l'expérience trois disques d'aluminium de 0.05, 0,0375 et 0.025 pouce d'épaisseur, l'effet thermométrique s'est trouvé en raison inverse de l'épaisseur des disques, soit dans les proportions de 30, 43 et 60.

Observations du rédacteur.

Quoique dans ce nouveau travail, pas plus que dans le précédent, les auteurs n'émettent d'opinion positive sur l'origine du réchauffement qu'ils ont observé, le soin avec lequel ils cherchent à exclure toute cause autre que celle dépendant du simple rayonnement du disque, laisserait croire qu'ils sont plutôt disposés à attribuer le phénomène à l'action de ce disque sur le milieu éthéré dans lequel il se meut. La possibilité d'un fait aussi anormal ne peut, suivant nous, être admis, que s'il n'existe aucune autre cause de nature à expliquer le phénomène observé. Or, en admettant que les auteurs sont parvenus à écarter la plupart des autres causes de dégagement de chaleur qu'ils ont successivement examinées, il en reste une, celle justement sur laquelle ils insistent le moins, qui nous paraît rendre compte du phénomène sans avoir recours à ce milieu éthéré que nous connaissons si mal. A notre avis, le réchauffement du disque d'aluminium proviendrait uniquement du frottement qu'il exerce, par suite de sa rotation rapide, sur la portion du fluide élastique resté dans la cloche. Remarquons d'abord que cette portion est considérable par rapport au degré de vide que l'on obtient maintenant par les machines pneumatiques perfectionnées. En effet, tandis que dans celles-ci on obtient facilement un vide à un millimètre près, les expériences de MM. Stewart et Tait ont été faites dans de l'air et d'autres gaz dont la tension a varié depuis 13 lignes à 3 lignes, soit près de 7 millimètres en minimum. Ce n'est donc pas le degré de rareté du gaz resté dans la cloche qui pourrait être allégué comme objection à

l'explication qui nous paraît la plus probable. Les motifs suivants, tirés des résultats mêmes cités dans le mémoire, tendent suivant nous à la confirmer.

1° Le fait constaté par les auteurs que l'effet produit provient directement du rayonnement du disque, et que cet effet est d'autant moindre que le disque est plus épais, est favorable à l'idée que le disque se réchauffe par le frottement que sa surface, qui reste invariable, éprouve de la part du fluide élastique dans lequel il se meut.

2° Le résultat fourni par les tableaux de la page 290 et 291 des « Proceedings, » savoir : que le degré de réchauffement du disque est en raison de la densité du milieu dans lequel il tourne, est un autre motif pour attribuer ce réchauffement à l'effet du frottement du disque contre ce milieu. Dans de l'air à la densité de 13 lignes, par exemple, la déviation du galvanomètre a été de 32 divisions, tandis que dans de l'air à la densité de 3 lignes, elle n'a été que de 28,5 divisions. De même, dans de l'hydrogène à 6 lignes de tension, le réchauffement indiqué, traduit en degrés du thermomètre centigrade, est de 0°,53, tandis que dans de l'hydrogène à la tension de 3 lignes seulement, il n'était plus que de 0°,47. On peut, il est vrai, alléguer que dans le cas de l'hydrogène à 6 lignes de tension (page 290) le réchauffement du disque a été trouvé plus grand que dans de l'air à 13 lignes ; il s'est même trouvé presque aussi grand lorsque la densité de l'hydrogène n'était plus que de 3 lignes. Mais ce résultat, suivant nous, n'a rien d'invraisemblable, et trouve son explication dans le fait que le frottement du disque contre l'hydrogène doit produire plus de chaleur à densité égale que son frottement contre l'air atmosphérique, à cause du pouvoir conducteur de l'hydrogène plus considérable que celui des autres gaz, et par suite de l'extrême mobilité de ses particules.

3° Le fait reconnu par les auteurs que le disque se réchauffe davantage lorsqu'il est recouvert sur l'une de ses faces

de noir de fumée, tend à donner une probabilité de plus à l'opinion que nous soutenons. Dans ce cas, en effet, le frottement doit être naturellement plus considérable que dans le cas d'une surface polie. La page 291 des « Proceedings » renferme, à notre avis, une expérience concluante. Les auteurs, ayant noirci le disque sur ses deux faces, ont remarqué qu'il se réchauffait presque autant dans de l'air à 4,8 lignes de tension, que lorsque, ayant une seule de ses faces noircies, on le faisait tourner dans de l'air de 13 lignes de tension. Cette expérience n'est-elle pas de nature à rendre évident que dans le second cas, celui où le gaz se trouve en quantité notable, le frottement d'une seule surface noircie développe presque autant de chaleur que le frottement simultané des deux surfaces dans le cas où la tension du gaz est beaucoup plus faible?

Remarquons, en terminant, qu'en attribuant le réchauffement du disque tournant au frottement du gaz resté dans la cloche, il n'y a rien d'étonnant à ce que les différences entre les quantités de chaleur développée, suivant le plus ou moins de densité de celui-ci, soient extrêmement faibles. Avec une vitesse de rotation aussi énorme (environ 80 révolutions par seconde), il doit, en effet, y avoir dans la portion du gaz la plus voisine du disque tournant des variations de densité telles, que la différence peu considérable qui existait au début, ne devra exercer qu'une influence relativement très-faible.

F. Marcet.

CHIMIE.

V. Wartha. Sur la composition de la wisérine. (*Journ. für prakt. Chemie*, XCIX, 88.)

La wisérine est un minéral brun de girofle clair, dont la forme et les angles sont très-voisins de ceux du zircon, et la densité 4,64. On a trouvé cette espèce à Fibia au Saint-Gothard et dans la vallée de Binn (Haut-Valais). L'analyse

de M. Wartha montre que l'on doit réunir la wisérine à l'yttria phosphatée (xénotime) de Hitteroë. La teneur en yttria est de 62.49 pour cent. et celle en acide phosphorique de 37,51 (formule = $3YO + PhO^5$). On n'a pas pu constater avec certitude si l'yttria est accompagnée de ses congénères, mais cela est probable.

On n'avait pas encore rencontré jusqu'à présent l'yttria dans les Hautes-Alpes. M. D.

F. Wöhler et H. Ste-Claire Deville. Note sur le bore graphitoïde. *(Comptes rendus de l'Acad. des Sciences,* t. LXIV, p. 19, 7 janvier 1867.)

Les auteurs avaient appelé bore graphitoïde des lames hexagonales d'une couleur de cuivre pâle, dont ils n'avaient pu d'ailleurs compléter l'étude faute d'une quantité suffisante de matière. Ils viennent de reconnaître que ce n'est pas du bore, mais bien un borure d'aluminium ayant pour formule $Al\,B^2$. Ce composé forme des lames très-minces, d'un éclat parfaitement métallique, appartenant, d'après Miller, au système monoclinique. En le chauffant au rouge, il ne brûle pas, mais bleuit comme l'acier; chauffé dans le chlore, il brûle avec un grand éclat en produisant du chlorure d'aluminium et du chlorure de bore. Il est lentement soluble dans l'acide chlorhydrique concentré et dans la lessive chaude de soude; l'acide nitrique très-concentré le dissout facilement: la dissolution, précipitée par le carbonate d'ammoniaque, laisse déposer un borate d'alumine basique.

Le borure aluminique se produit surtout lorsque dans la préparation du bore cristallisé par l'acide borique, ou du bore amorphe avec l'aluminium, on n'emploie pas une chaleur trop forte ou trop prolongée; il prend encore naissance en tenant de l'aluminium fondu dans la vapeur de chlorure de bore. M. D.

Roscoe. Sur l'isomorphisme du perchlorate de thallium avec ceux de potassium et d'ammonium. *(Journal of the Chem. Soc. of London*, décembre 1866, p. 504.)

Le perchlorate de thallium a une stabilité égale à celle des perchlorates alcalins. Il se prépare en attaquant le métal par l'acide perchlorique aqueux ou bien par la double décomposition du perchlorate de baryte et du sulfate de thallium. Il cristallise facilement en prismes droits rhomboïdaux, nets, transparents, incolores, non déliquescents ; le poids spécifique de ces cristaux est de 4,85 environ ; ils se dissolvent dans 10 fois leur poids d'eau à 15° et dans environ les $^3/_5$ de leur poids à 100° ; le sel est aussi faiblement soluble dans l'alcool. Ce perchlorate peut être chauffé jusqu'au point d'ébullition du mercure sans perdre de son poids : à une température plus élevée, il forme une masse noire et finalement il se volatilise à l'état de chlorure de thallium.

L'angle du prisme, dans les cristaux, est de 102° 50′ (perchlorate de potassium = 103° 58′), et les rapports des axes = 0,7978 : 1 : 0,6449 (dans le sel ammonique on a 0,7926 : 1 : 0,6410).

L'analyse donne la formule Tl^2O,Cl^2O^7, semblable à celle des autres perchlorates alcalins. M. D.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

W.-Th. Vrolik. Amteekeningen over, etc. Observations sur la structure anatomique du carpe chez les mammifères. Dissertation présentée à l'Université de Leyde, 1866.

Nous sommes heureux de pouvoir attirer un instant l'attention des naturalistes sur l'opuscule du jeune docteur hollandais qui, suivant les traces de son grand-père et de son oncle, tous les deux jadis professeurs à Amsterdam et secrétaires de l'Académie des sciences du royaume des Pays-Bas,

débute dans la carrière suivie avec succès par ses parents, en publiant de nouvelles recherches sur l'anatomie comparée des mammifères. Sans doute, l'étude approfondie des os du carpe n'est pas un de ces travaux brillants qui changent la face d'une science, mais il y a du mérite à suivre les modifications de forme et d'assemblage de ces petits os dans toutes les classes des mammifères, en s'appuyant sur les témoignages de plusieurs observateurs et les vérifiant au moyen de préparations ostéologiques nombreuses. Cette recherche, d'ailleurs, rend service à la science, en fournissant une précieuse ressource aux travaux paléontologiques.

La dissertation de M. Vrolik se divise en deux parties. La première est le résumé des recherches faites jusqu'ici sur l'anatomie du carpe chez les mammifères. L'auteur passe en revue d'abord les opinions de ceux des savants qui cherchent à démontrer l'analogie entre la structure des extrémités antérieures et postérieures, ensuite celles de ceux qui rapportent tout au type du corps humain. Dans sa seconde partie, M. Vrolik décrit d'abord le corps en général, puis chaque petit os en particulier, dans les quatorze ordres de mammifères, entrant dans des détails anatomiques circonstanciés pour plusieurs espèces. Nous ne le suivrons pas dans cette longue énumération, et nous nous contenterons de transcrire ici les conclusions de son travail :

1° Le carpe des mammifères est généralement formé de huit petits os disposés sur deux rangées.

2° Chez quelques-uns il en existe un neuvième, nommé l'*os central*, sans parler des petits os sésamoïdes qui se rencontrent assez souvent, surtout sur les sujets avancés en âge.

3° Ce nombre normal des os du carpe peut diminuer par les circonstances suivantes :

a) Par la fusion de l'os scaphoïde avec l'os semi-lunaire, comme chez les cheiroptères, les carnassiers, les rongeurs (le lièvre excepté), les cétacés herbivores et les marsupiaux.

b) Par l'absence de toute la seconde rangée des os du

carpe, comme chez les solipèdes, les ruminants et le dauphin.

c) Par la fusion de l'os semi-lunaire avec le grand os (les paresseux).

d) Les chauves-souris seules ne possèdent pas d'os pisiforme, tandis qu'il existe chez tous les autres mammifères, sans exception, soit à l'état osseux, soit à l'état cartilagineux (les cétacés).

e) Quant à l'os central, il existe chez les quadrumanes (les troglodites exceptés) chez les lémurides et chez les rongeurs. La taupe seule parmi les insectivores est pourvue de ce neuvième petit os. C. N.

NOTES SUR LE MAMMOUTH DÉCOUVERT PRÈS DE LA BAIE DU TAS. (*Petermann's Mittheilungen*, novembre 1866. *Écho de la presse russe*, 5 janvier 1867.)

Dans le numéro de décembre 1866 (t. XXVII, p. 343 et 344), les *Archives* rapportaient qu'un géologue expérimenté, M. le magister Schmidt, avait été envoyé par l'Académie de St-Pétersbourg à la recherche d'un mammouth, qu'un Samoyède prétendait avoir découvert près de la baie du Tas, non loin du golfe de l'Obi. Or voici ce que nous lisons dans le onzième cahier de 1866 des *Mittheilungen* de Petermann :

« Il y a quelques mois que nous annoncions, avec de grandes espérances, l'envoi du géologue Fr. Schmidt dans les plaines glacées de la Sibérie septentrionale, où il devait chercher le cadavre d'un mammouth découvert en 1864, et le faire transporter à St-Pétersbourg avec tous les soins possibles. Les détails qu'on donnait sur cette trouvaille, ne permettaient pas de douter qu'il s'agissait d'un exemplaire en parfait état de conservation, et on était en droit de s'attendre à ce que le délégué de l'Académie de St-Pétersbourg fournirait des données importantes sur l'apparition énigmatique, dans un sol éternellement glacé, de ces êtres d'un autre âge ; sur les traits essentiels qui en caractérisent le gisement ; sur leur

manière de vivre et de se nourrir. Malheureusement, nous n'avons qu'une déception de plus à enregistrer. »

..... Dans sa séance d'octobre 1866, la Société de Géographie de St-Pétersbourg a été informée que M. Schmidt avait bien réussi à trouver le cadavre du mammouth, mais que les renseignements antérieurs étaient singulièrement exagérés. Au lieu d'un exemplaire complet et bien conservé, le magister n'a eu à enlever que la peau et quelques os à moitié décomposés *(die Haut und einige halb verfaulte Knochen).* — Sans doute, nous en saurons bientôt davantage. La nouvelle a été transmise par les membres d'une expédition scientifique qui, sous les auspices de la Société de Géographie d'Irkoutsk, exploraient les bords du Jénissei, et ont rencontré M. Schmidt à Dudinsk.

D'après le *Journal russe de St-Pétersbourg*, M. Schmidt est parvenu à déterrer une grande quantité d'os, de poils et de peau du mammouth à la recherche duquel il avait été envoyé ; mais il n'a pu découvrir les parties intérieures du corps, en sorte que les questions relatives à la nourriture et à la patrie de cet animal n'ont pu être éclaircies. Le cadavre de ce mammouth est celui d'un animal jeune, car il n'avait qu'une dent de chaque côté de la mâchoire.

Découverte d'un crane humain enfoui sous un dépôt volcanique de Californie. *(London-Review,* 29 décembre 1866. Extrait du journal de *Sillimann.*)

L'attention du public américain a été excitée par la découverte d'un crâne humain, trouvé en Californie sous un dépôt volcanique considéré comme appartenant à une haute antiquité. Le crâne en question a, dit-on, été trouvé à une profondeur de 153 pieds dans un puits pratiqué dans de la cendre volcanique durcie, appelée « lave » dans cette localité, près du camp des Anges, dans le comté de Calavarus.

Cinq couches de cette cendre solide s'y trouvent superposées et alternent avec des couches de gravier. Ce crâne a passé des mains du mineur qui l'avait trouvé, dans celles du professeur Whitney, géologue de l'Etat, en Californie, qui a visité la localité et étudié le sujet autant que le permettait l'eau qui s'y trouve. — Il a exposé cette découverte d'une manière préliminaire devant l'Académie des sciences naturelles de Californie, et promet des détails ultérieurs, dès que l'eau aura disparu du puits, et permettra une étude plus approfondie de la formation. L'âge exact des couches en question n'ayant pas été jusqu'ici fixé avec quelque autorité, le professeur Whitney est disposé à croire que l'éruption de la grande masse des matériaux volcaniques sur le versant occidental de la Sierra-Nevada, a commencé à l'époque pliocène, s'est continuée pendant le post-pliocène, et peut-être jusqu'à des temps relativement modernes.

La couche qui renfermait ce crâne paraît plus ancienne que toutes celles où on a jusqu'ici trouvé des débris de mastodonte; c'est pourquoi il y aura un grand intérêt à mettre hors de doute l'authenticité de cette découverte.

Découverte d'un nouveau dinosaurien de New-Jersey.
(*London-Review*, 5 janvier 1867.)

Le professeur Cope a montré à l'Académie des sciences naturelles, à Philadelphie, les restes d'un gigantesque dinosaurien, trouvé dans les formations crétacées de New-Jersey. Ces os, qui ont été découverts dans le grès vert, consistent en une partie de ceux de la mâchoire inférieure, avec des dents, en une partie de l'arc scapulaire, en y comprenant les clavicules supposées, deux humérus, le fémur gauche, le tibia et le péroné droit, avec plusieurs phalanges, des vertèbres lombaires sacrées et caudales, ainsi que plusieurs parties réduites en fragments. Les os ont été retirés d'environ vingt pieds

au-dessous de la surface de la partie supérieure du lit « chocolat » qui est immédiatement au-dessous de la couche verte, et qui est d'une si grande valeur comme engrais. La découverte de cet animal remplit une lacune dans la faune crétacée, en révélant l'existence d'un ennemi carnivore des grands Hadrosaurus herbivores, jouant le même rôle que le dinodon à l'égard du tracodon des couches de la Nebraska, et le mégalosaure à l'égard de l'iguanodon du terrain wealdien et de l'oolite d'Europe. Comme grandeur, cet animal égale le *Megalosaurus Bucklandi*, qui constitue avec lui et le dinodon, le type le plus formidable de vertébrés rapaces terrestres, que nous connaissions. Par sa dentition et ses fortes griffes préhensibles, il ressemble extrêmement au mégalosaure, mais le fémur se rapproche davantage de celui de l'iguanodon, ce qui rend probable l'existence de distinctions également importantes, et indique qu'il appartient à un autre genre. On propose pour cet animal le nom de *Laelops aquilunguis*.

Découverte d'un dinosaurien dans les environs du cap de Bonne-Espérance. (*London-Review*, 15 décembre 1866.)

Dans une réunion récente de la Société géographique, le professeur Huxley a lu une communication sur quelques restes de grands reptiles dinosauriens des montagnes Stormberg, au sud de l'Afrique. Une partie du fémur droit mesurait 25 pouces $^{1}/_{2}$ de longueur, ce qui permet de supposer que l'os entier devait avoir plus de 30 pouces. La position et le caractère des trochanters et la forme générale de l'os montrent clairement les affinités avec les dinosauriens, du reptile auquel cet os a appartenu, et qui doit, quant à sa taille, s'être beaucoup rapproché de ses congénères, le mégalosaure et l'iguanodon. Il avait la plus grande ressemblance avec le premier, mais en différait par la forme et la taille relative des trochanters, et par des proportions en général plus lourdes.

Le professeur Huxley propose de l'appeler *Enskelosaurus Brownii.* On a découvert aussi une partie de l'extrémité distale d'un autre fémur d'un grand reptile dinosaurien, dont les caractères sont suffisamment distincts pour montrer qu'il doit être rapporté à un autre genre. Le fait que ces restes ont été trouvés dans les roches du Stormberg, ne paraît pas suffisant pour établir leurs relations géologiques, et pour décider s'ils doivent être rapportés aux reptiles dinosauriens de la période mésozoïque, ou à ceux de la période permienne. Il faut cependant remarquer que les rocs de Stormberg recouvrent aussi les couches caroo, qui ont fourni les labyrinthodons, les dicynodons et tant d'autres reptiles remarquables.

BOTANIQUE.

Carl Müller. Untersuchung über den Sitz ..... etc. — Recherches sur le siége des alcaloïdes dans l'écorce des cinchona. (*Pringsheim Jahrbücher*, 1866.)

Il y a déjà quelques années que M. Wigand avait cru démontrer que les alcaloïdes des quinquinas résident dans le liber. Il avait en effet observé que, lorsqu'on imbibe d'une dissolution de cochenille de minces coupes transversales faites au travers de l'écorce de ces plantes, c'est la région libérienne des coupes qui se colore le plus fortement. Pensant que les alcaloïdes en question pourraient bien agir comme mordant et avoir la propriété de fixer les matières colorantes, M. Wigand eut l'idée de traiter simultanément, par une même teinture de cochenille, de l'écorce de lin préalablement imbibée d'infusion de quinquina et de l'écorce de quinquina dépouillée, au contraire, de toutes traces d'alcaloïde. Il remarqua alors que l'écorce de lin se colorait vivement, tandis que celle de quinquina avait perdu la propriété de fixer le pigment, et il en conclut que, si dans la première expé-

rience, c'était le liber qui absorbait le plus de cochenille, cela devait tenir à ce que cette partie de l'écorce était la plus riche en alcaloïde.

M. Ch. Müller ayant répété ces expériences, sans arriver aux mêmes résultats, a cherché à résoudre la question par la méthode de dosage direct. Il fallait pour cela parvenir à séparer complétement le liber du parenchyme, et ce premier résultat n'était pas facile à obtenir vu que le liber des quinquinas ne forme pas de couches épaisses, mais se compose de petits groupes de cellules peu visibles. M. Müller pense cependant être parvenu à surmonter toutes les difficultés par le procédé suivant :

Il commence par réduire l'écorce, au moyen d'un rabot, en copeaux minces qu'il achève de désagréger, en les agitant dans une bouteille, d'abord avec des morceaux de fil de fer, puis avec du sable fin. En examinant au microscope les débris d'écorce ainsi obtenus, il trouve que le parenchyme s'est entièrement détaché du liber, et il achève la séparation de ces deux éléments par un procédé ingénieux. Pour cela il verse le contenu de la bouteille dans le ventre d'une cornue, communiquant d'un côté avec un soufflet et de l'autre avec une autre cornue mise elle-même en communication avec un récipient plein d'eau. Il est clair qu'en faisant jouer le soufflet on agite fortement la poudre contenue dans la première cornue. Les dépôts de parenchyme plus légers que le reste sont alors chassés à travers tout l'appareil jusque dans le récipient, tandis que le liber reste dans la première cornue ou parvient tout au plus jusque dans la cornue intermédiaire. On peut d'ailleurs facilement s'en assurer par un examen microscopique des dépôts formés dans les diverses parties de l'appareil. Une fois cette opération terminée, M. Ch. Müller traite le contenu du récipient ainsi que celui de la cornue par l'acide sulfurique étendu et en extrait ainsi tout l'alcaloïde sous forme de l'hydrate $C_{40}\ H_{24}\ N_2\ O_4\ 6HO$ qu'il dose après dessiccation à 100°.

Or cette analyse prouve que 9,876 °/₀ de la quinine contenue dans l'écorce se trouve dans le parenchyme, tandis que le liber n'en contient que 2,462 °/₀, soit environ le quart de la quantité qui existe dans le parenchyme. Ce résultat est donc précisément le contraire de celui que faisait prévoir l'expérience de M. Wigand. On voit en outre que la quinine, bien que beaucoup plus abondante dans le parenchyme, n'en existe pas moins ainsi dans le liber. Il paraît même qu'elle est d'autant plus abondante que l'écorce est plus développée, ce qui tendrait à faire supposer que la production de la quinine est en rapport avec la formation du liber. Cette considération conduit naturellement M. Ch. Müller à se demander à quel moment et dans quelle région de l'écorce a lieu la première apparition de la quinine, et il se propose d'aborder cette question dès qu'il aura pu se procurer des plantes de cinchona vivantes en nombre suffisant.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

Pendant le mois de JANVIER 1867.

Le 2, il a neigé dans la nuit précédente, la hauteur était de 15mm le matin ; cette neige a fondu dans la journée.

6, la hauteur de la neige tombée dans la matinée est de 50mm ; cette neige a disparu le lendemain.

10, quelques coups de tonnerre entre 1 h. et 1 1/4 h., le plus fort a eu lieu à 1 h. 3 m. ; depuis 1 h. 40 m. averses continuelles mêlées de grêlons, le soir on voit des éclairs au Sud, mais sans tonnerres.

11, à 11 h. du soir éclairs au Sud-Est.

12, couronne lunaire à plusieurs reprises dans la soirée.

13, la neige a commencé à tomber à 7 1/4 h. du matin ; hauteur dans la journée 135mm.

14, neige, par une forte bise, hauteur de la neige tombée un peu incertaine 100mm.

15, neige, hauteur de la neige tombée dans la journée 120mm.

16, couronne lunaire dans la soirée.

18, givre le matin, neige dans la journée, hauteur 38mm.

19, givre le matin.

20, neige le matin, par une forte bise, la hauteur un peu incertaine 40mm.

21, neige dans la nuit précédente, hauteur 30mm.

La neige tombée du 13 au 21 est restée sur le sol jusqu'au 29 ; à la suite de la pluie abondante et chaude tombée dans la nuit du 28 au 29, elle a entièrement disparu dans la plaine, sauf dans quelques creux où elle avait été amoncelée par la bise.

22, brouillard le soir.

23, brouillard le matin et le soir.

24, brouillard le matin, dépôt de givre.

28, brouillard tout le jour.

30, gelée blanche le matin ; faible halo solaire de 8 1/4 h. à 11 h. et dans l'après-midi ; belle lumière zodiacale dans la soirée.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.

	mm
Le 1er à 10 h. matin...	713,36
5 à 6 h. soir.....	729,14
10 à 8 h. soir.....	717,10
12 à 10 h. matin...	719,18
14 à 10 h. matin...	716,99
17 à 10 h. matin...	717,67
19 à 4 h. après-m.	722,39
23 à 10 h. matin...	731,55
26 à 8 h. soir....	734,68
30 à 8 h. matin.	734,70
31 à 10 h. soir.....	737,16

MINIMUM.

	mm
Le 1er à 2 h. matin...	710,27
2 à 6 h. soir....	711,52
9 à 11 h. soir....	713,03
11 à 10 1/4 h. soir...	709,18
13 à 2 h. après-m..	713,95
15 à 6 h. matin...	712,91
18 à 6 h. matin...	715,56
20 à 2 h. après-m..	718,17
25 à 6 h. matin...	720,25
28 à 10 h. soir.....	729,22
31 à 6 h. matin...	729,06

GENÈVE. — JANVIER 1867.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation. Minim.	Fract. de saturation. Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim.					mm.				0		cm
1	711,86	—13,61	+ 4,33	+4,69	+ 1,8	+ 7,0	4,13	+0,15	675	—194	570	820	3,1	6	SSO. 1	0,80	...	.....	127
2	712,89	—14,59	+ 1,47	+1,86	— 0,5	+ 4,3	3,75	—0,23	739	—130	630	910	4,5	7	SSO. 1	0,72	6,8	+ 1,6	127
3	719,62	— 7,87	— 0,32	+0,10	— 4,8	+ 4,0	3,31	—0,67	758	—111	520	930	...	..	SSO. 1	0,09	6,8	+ 1,7	127
4	723,72	— 3,78	— 3,81	—3,37	— 6,7	— 1,7	2,85	—1,13	824	— 45	740	880	...	..	NE. 1	0,88	6,1	+ 1,0	126
5	728,61	+ 1,10	— 5,88	—5,42	— 8,1	— 2,9	2,47	—1,51	847	— 22	760	920	...	..	NNE. 1	0,84	6,0	+ 1,0	126
6	725,36	— 2,15	— 2,38	—1,90	— 6,4	+ 6,2	3,68	—0,31	924	+ 55	820	970	11,5	12	SSO. 1	0,96	...	....	126
7	724,32	— 3,19	+ 4,03	+4,53	+ 1,3	+ 7,2	5,21	+1,22	850	— 19	690	960	6,1	10	SO. 1	0,88	5,9	+ 1,0	126
8	717,72	— 9,79	+ 9,09	+9,61	+ 3,3	+12,5	6,72	+2,72	762	—107	660	900	5,1	4	O. 2	0,90	6,0	+ 1,1	127
9	716,19	—11,32	+ 7,02	+7,55	+ 4,9	+12,4	5,93	+1,95	795	— 74	660	950	7,7	11	SO. 2	1,00	6,5	+ 1,7	128
10	714,70	—12,81	+ 9,49	+10,02	+ 6,8	+13,2	6,45	+2,44	742	—127	530	840	8,6	5	SSO. 3	0,89	6,7	+ 1,9	129
11	713,03	—14,48	+ 5,19	+5,72	+ 3,5	+ 8,0	6,27	+2,26	954	+ 86	830	1000	13,5	12	N. 1	0,99	6,8	+ 2,1	131
12	718,26	— 9,25	+ 0,86	+1,39	— 0,7	+ 4,7	3,88	—0,13	808	— 60	660	960	...	..	N. 1	0,73	6,2	+ 1,5	135
13	714,67	—12,83	— 1,81	—1,29	— 2,5	0,0	3,90	—0,12	987	+119	930	1000	5,7	11	NNE. 2	1,00	...	.....	138
14	716,13	—11,37	— 2,91	—2,40	— 3,0	— 1,0	3,32	—0,70	915	+ 48	860	960	1,3	6	NNE. 2	1,00	5,1	+ 0,5	140
15	713,88	—13,61	— 3,57	—3,07	— 5,5	— 2,0	3,19	—0,84	924	+ 57	880	950	3,3	16	N. 2	1,00	4,9	+ 0,3	140
16	714,78	—12,70	— 5,98	—5,50	— 8,0	— 4,0	2,40	—1,64	836	— 30	740	920	...	..	SSO. 1	0,80	5,4	+ 0,8	141
17	716,85	—10,62	— 3,61	—3,15	— 7,0	— 1,0	2,97	—1,07	841	— 25	760	900	...	..	SSO. 2	0,73	5,5	+ 0,9	141
18	716,48	—10,98	— 8,78	—8,34	—16,0	— 4,0	2,31	—1,74	926	+ 61	760	1000	1,4	4	SSO. 1	0,90	5,4	+ 0,8	141
19	721,87	— 5,58	— 6,71	—6,29	—13,6	— 2,0	2,71	—1,35	934	+ 70	800	1000	...	..	SO. 1	0,96	5,1	+ 0,6	141
20	719,33	— 8,10	— 2,66	—2,27	— 3,6	— 1,4	3,49	—0,58	936	+ 72	860	990	1 8	5	NNE. 1	1,00	...	.....	140
21	718,92	— 8,49	— 1,49	—1,13	— 3,6	+ 0,1	3,83	—0,25	933	+ 70	860	960	4,6	8	NNE. 1	1,00	5,1	+ 0,6	139
22	727,20	— 0,19	+ 1,60	+1,92	— 1,0	+ 5,0	4,91	+0,82	946	+ 84	880	1000	...	..	N. 1	0,79	5,4	+ 0,9	137
23	730,96	+ 3,59	+ 1,13	+1,41	— 1,5	+ 7,0	4,68	+0,58	935	+ 74	790	1000	0,7	2	SSO. 1	0,86	5,7	+ 1,2	135
24	726,08	— 1,27	+ 0,71	+0,95	— 4,6	+ 5,6	4,58	+0,47	919	+ 59	810	1000	...	..	SSO. 1	0,94	5,8	+ 1,3	134
25	720,94	— 6,39	+ 6,36	+6,55	+ 3,2	+ 9,4	5,82	+1,70	802	— 57	670	860	8,2	9	SSO. 1	0,93	5,8	+ 1,4	133
26	731,75	+ 4,45	+ 4,20	+4,34	— 0,2	+ 7,0	4,52	+0,40	743	—114	610	870	...	..	S. 1	0,77	5,8	+ 1,4	133
27	733,74	+ 6,46	+ 2,55	+2,64	— 1,6	+ 5,6	4,88	+0,75	875	+ 19	730	970	3,4	5	SSO. 1	1,00	...	.....	132
28	731,39	+ 4,14	+ 5,09	+5,13	+ 3,0	+ 7,4	6,61	+2,48	991	+136	940	1000	...	..	N. 1	0,97	5,8	+ 1,4	132
29	731,98	+ 4,76	+ 5,99	+5,97	+ 2,5	+ 9,8	6,31	+2,17	909	+ 55	710	1000	13,2	6	N. 1	0,60	5,9	+ 1,5	133
30	733,10	+ 5,91	+ 4,37	+4,29	— 0,2	+ 9,9	5,12	+0,97	809	— 43	650	950	...	..	SSO. 1	0,68	5,8	+ 1,4	134
31	732,89	+ 5,73	+ 6,78	+6,64	+ 3,6	+10,5	4,47	+0,32	606	—244	420	740	1,6	2	variable	0,71	5,8	+ 1,4	134

MOYENNES DU MOIS DE JANVIER 1867.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	719,36	719,94	720,11	719,51	719,11	719,24	719,29	719,48	719,72
2e «	716,53	716,76	717,06	716,60	716,17	716,25	716,40	716,54	716,42
3e «	728,29	728,86	729,50	729,38	728,90	728,91	729,18	729,54	729,53
Mois	721,62	722,08	722,46	722,07	721,64	721,71	721,87	722,10	722,14
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 0,87	+ 1,07	+ 2,53	+ 3,96	+ 3,85	+ 3,01	+ 2,82	+ 2,55	+ 2,66
2e «	— 4,15	— 4,08	— 2,97	— 2,00	— 1,59	— 1,89	— 2,47	— 2,76	— 2,91
3e «	+ 2,00	+ 2,04	+ 3,06	+ 4,90	+ 5,87	+ 5,18	+ 4,13	+ 3,47	+ 2,67
Mois	— 0,35	— 0,25	+ 0,94	+ 2,37	+ 2,81	+ 2,20	+ 1,58	+ 1,16	+ 0,87
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	4,38	4,32	4,53	4,43	4,43	4,42	4,50	4,70	4,58
2e «	3,32	3,27	3,47	3,56	3,67	3,67	3,55	3,36	3,36
3e «	4,84	4,86	5,05	5,40	5,44	5,18	5,12	4,94	4,99
Mois	4,20	4,17	4,37	4,50	4,54	4,45	4,41	4,35	4,33
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	858	826	788	711	713	747	781	818	798
2e «	928	915	909	878	875	895	902	879	888
3e «	912	905	874	832	786	788	829	842	895
Mois	900	883	857	808	791	809	837	846	861

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	— 0,84	+ 6,22	0,80	6,35	46,6	127,0
2e «	— 5,58	— 0,27	0,91	5,55	27,0	138,8
3e «	— 0,04	+ 7,03	0,84	5,69	31,7	134,1
Mois	— 2,08	+ 4,41	0,85	5,85	105,3	133,3

Dans ce mois, l'air a été calme 2,5 sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,63 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 51,2 O. et son intensité est égale à 24,8 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE JANVIER 1867.

Le 8, brouillard à 8 h. du matin et à 10 h. du soir.
9, id. à 6 h. du matin.
11, neige depuis 1 heure après-midi; mais le vent en a enlevé une partie.
12, brouillard jusqu'à 2 heures du soir.
14, neige pendant la nuit et toute la journée jusqu'à 3 heures du soir; mais le vent en a emporté une partie; brouillard depuis 4 heures du soir.
15, brouillard toute la journée.
22, id. jusqu'à 2 heures du soir.
26, id. jusqu'à 4 heures du soir.
27, id. à 8 heures du soir.
29, id. jusqu'à 8 heures du soir.
31, id. depuis 2 heures du soir.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
		Le 2 à 6 h. matin...	547,61
Le 7 à 2 h. après-m.	562,53		
		11 à 10 h. soir....	549,80
12 à 10 h. matin...	551,76		
		13 à 4 h. soir....	549,09
14 à 10 h. matin...	550,75		
		16 à 6 h. matin...	544,70
19 à 10 h. soir....	556,50		
		21 à 8 h. matin...	552,97
23 à 10 h. soir....	567,62		
		25 à 2 h. après-m.	558,18
28 à 10 h. matin. .	568,83		
		29 à 6 h. matin...	564,67
30 à 10 h. matin...	568,73		
		31 à 10 h. matin...	564,42

SAINT-BERNARD. — JANVIER 1867.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum *	Température C. Maximum *	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim.			
1	548,56	—12,25	547,96	549,29	—10,18	— 1,07	—11,3	— 8,2	80	3,8	11	NE. 1	0,90
2	548,34	—12,44	547,61	548,70	—12,05	— 2,91	—14,1	—10,0	80	4,3	12	NE. 1	0,77
3	552,02	— 8,74	550,67	553,35	—16,53	— 7,35	—18,0	—15,1	.....	.....	......	NE. 1	0,01
4	554,81	— 5,93	553,55	556,27	—15,92	— 6,71	—16,7	—14,0	.....	.....	......	NE. 1	0,02
5	559,49	— 1,23	557,67	560,69	— 9,71	— 0,47	—15,0	— 6,1	.....	.....	......	NE. 1	0,03
6	560,28	— 0,42	559,64	560,90	— 9,13	+ 0,14	—13,3	— 4,3	140	8,2	11	SO. 1	0,96
7	562,11	+ 1,43	561,55	562,53	— 2,37	+ 6,92	— 5,3	— 0,7	60	4,7	9	NE. 1	0,87
8	557,74	— 2,92	556,45	558,95	— 5,07	+ 4,25	— 7,5	— 2,5	80	7,2	12	SO. 1	0,89
9	554,04	— 6,60	553,48	554,57	— 5,50	+ 3,85	— 6,3	— 4,3	240	16,8	16	NE. 1	1,00
10	554,32	— 6,30	553,43	555,08	— 4,00	+ 5,37	— 5,5	— 2,3	270	19,3	20	SO. 1	1,00
11	551,81	— 8,79	549,80	554,55	— 5,66	+ 3,73	— 6,1	— 4,1	50	3,0	9	SO. 1	0,89
12	551,17	— 9,41	550,97	551,76	—12,48	— 3,07	—14,8	—11,5	40	1,8	4	NE. 1	0,63
13	549,94	—10,62	549,09	550,99	— 8,37	+ 1,06	— 9,0	— 7,3	100	5,2	15	SO. 1	1,00
14	550,27	—10,27	549,88	550,75	— 5,84	+ 3,60	— 7,2	— 4,3	80	7,3	17	SO. 1	1,00
15	546,36	—14,16	546,02	546,93	— 6,82	+ 2,63	—14,0	— 3,5	.....	.....	......	SO. 3	1,00
16	545,70	—14,80	544,70	547,18	—17,34	— 7,88	—18,5	—16,0	60	4,4	7	NE. 1	1,00
17	548,31	—12,17	547,97	548,64	—18,38	— 8,91	—20,0	—16,3	.....	.....	......	NE. 1	0,36
18	549,47	—10,99	548,66	550,04	—16,29	— 6,81	—19,8	—15,0	.....	.....	......	NE. 1	0,64
19	554,64	— 5,80	552,30	556,50	—10,36	— 0,87	—15,5	— 6,0	.....	....	......	NE. 1	0,31
20	554,52	— 5,90	554,02	555,33	— 5,41	+ 4,08	— 9,6	— 1,3	30	4,3	8	variable	0,73
21	554,70	— 5,70	552,97	555,92	— 4,64	+ 4,86	— 5,6	— 1,6	30	5,3	7	NE. 1	0,76
22	562,05	+ 1,67	558,22	564,63	— 5,76	+ 3,74	— 7,2	— 3,3	20	3,1	5	NE. 1	0,69
23	566,88	+ 6,53	565,73	567,62	— 0,54	+ 8,96	— 2,1	+ 1,5	.....	.....	......	NE. 1	0,63
24	565,25	+ 4,92	563,54	567,17	+ 1,94	+11,44	— 0,7	+ 6,3	.....	.....	......	SO. 1	0,86
25	558,90	— 1,41	558,18	559,65	— 5,21	+ 4,29	— 6,3	— 3,3	90	8,7	14	SO. 1	0,74
26	564,15	+ 3,86	561,33	566,19	— 7,49	+ 2,01	—10,5	— 5,5	.....	.....	......	NE. 1	0,71
27	567,74	+ 7,47	567,26	568,23	— 1,40	+ 8,09	— 3,2	— 0,3	.....	.....	......	NE. 2	1,00
28	567,90	+ 7,65	567,03	568,83	+ 1,38	+10,87	— 0,5	+ 3,1	.....	.....	......	NE. 1	0,27
29	565,90	+ 5,67	564,67	567,48	— 4,78	+ 4,70	— 7,3	— 2,5	.....	.....	......	NE. 2	0,89
30	567,89	+ 7,68	567,44	568,73	— 0,45	+ 9,02	— 3,5	+ 1,4	.....	.....	... ..	NE. 1	0,35
31	565,22	+ 5,02	564,43	566,86	— 8,15	+ 1,30	—11,3	— 3,5	.....	....	......	NE. 3	0,89

* Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 heures du matin à 10 heures du soir, le thermométrographe étant hors de service.

MOYENNES DU MOIS DE JANVIER 1867.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
				Baromètre.					
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	554,68	554,90	555,37	555,12	555,11	555,18	555,32	555,47	555,50
2 «	550,26	550,19	550,38	550,13	550,01	550,14	550,19	550,37	550,43
3 «	563,53	563,60	564,21	564,15	564,08	564,35	564,52	564,85	564,94
Mois	556,40	556,47	556,89	556,71	556,65	556,81	556,93	557,15	557,21
				Température.					
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	—10,21	— 9,98	— 9,06	— 8,37	— 7,88	— 8,59	— 8,61	— 8,80	— 8,69
2e «	—11,99	—11,55	—10,66	— 9,74	— 9,36	—10,41	—10,13	—10,83	—10,36
3e «	— 3,58	— 3,29	— 2,14	— 1,39	— 2,02	— 3,46	— 4,01	— 3,82	— 3,78
Mois	— 8,43	— 8,11	— 7,12	— 6,34	— 6,28	— 7,36	— 7,47	— 7,69	— 7,49

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	—11,30	— 6,75	0,64	64,3	950
2e «	—13,45	— 8,53	0,76	26,0	360
3e «	— 5,29	— 0,70	0,71	17,1	140
Mois	— 9,86	— 5,15	0,70	107,4	1450

Dans ce mois, l'air a été calme 11 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE à ceux du SO. a été celui de 2,23 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E. et son intensité est égale à 38,4 sur 100.

* Voir la note du tableau.

SUR

L'ABSORPTION DES GAZ

ET

LEUR SÉPARATION DIALYTIQUE LES UNS DES AUTRES

PAR DES DIAPHRAGMES COLLOIDES

PAR

M. Thomas GRAHAM [1].

PREMIÈRE PARTIE.

Nous avons rendu compte dans un précédent numéro des découvertes remarquables de M. Graham sur les lois de la diffusion liquide, et sur l'application qu'il en a faite dans le but d'opérer une sorte d'analyse physique, ou séparation de substances différentes les unes des autres, par suite de leur plus ou moins haut degré de diffusibilité [2]. Nous avons maintenant sous les yeux un nouveau mémoire du même savant, qui peut être considéré comme faisant suite à son travail sur la diffusion liquide. Dans ce mémoire, en effet, l'illustre chimiste anglais considère successivement les différents gaz sous le rapport de leurs divers pouvoirs de diffusion, et parvient ainsi à les séparer les uns des autres par un procédé de dialyse semblable à celui qu'il avait déjà appliqué aux dissolu-

[1] On the absorption and dialytic separation of Gases by colloid septa (*Philosophical Transactions*, 1866 et *Philosophical Magazine*, janvier 1867).

[2] Voyez *Archives des Sciences physiques et naturelles*, vol. XVI, février 1863.

tions. Enfin, il démontre que ce n'est point par suite de leur porosité que les milieux colloïdes se laissent pénétrer par certains gaz, mais que ce phénomène est dû à une absorption et très-probablement à une véritable liquéfaction des gaz sur lesquels on opere, de sorte que leur mouvement à travers ces milieux peut être considéré comme se rapportant à la même classe de phénomènes que ceux qui constituent la diffusion liquide. Les recherches qui font le sujet du mémoire dont nous allons chercher à rendre compte, présentent un exemple frappant de résultats du plus haut intérêt obtenus par des moyens extrêmement simples, et qui ont de plus l'avantage d'être à la portée de tous ceux qui s'occupent de ce genre de questions.

Après avoir rendu justice aux travaux du Dr Mitchell de Philadelphie [1], qui le premier a constaté la propriété de certains gaz de pénétrer à travers des couches minces de caoutchouc, phénomène qu'il attribue à un simple effet de porosité, notre auteur reprend *ab ovo* le sujet de la diffusion des gaz, soit à travers des lames de caoutchouc, soit à travers d'autres diaphragmes colloïdes, et en particulier les métaux. Dans ses premières expériences, qui se rapportent plus spécialement à l'action d'un diaphragme de caoutchouc, il se sert d'un appareil auquel il a donné le nom de *diffusiomètre*. Cet appareil est composé d'un tube de verre de 22 millimètres de diametre sur presque un mètre de long, maintenu dans la position verticale. Ce tube est ouvert à son extrémité inférieure, tandis que son orifice supérieur est recouvert par une pla-

[1] « On the penetrativeness of fluids, » by Dr Mitchell. *Philadelphia Journal of Medical Sciences*, vol. 13, or *Journal of the Royal Institution*, vol. 2. London, 1831.

que mince en stuc qui sert de support à une pellicule détachée d'un petit ballon de caoutchouc, qu'on étire le plus possible en le reliant au tube au moyen d'un fil de cuivre, et en le cimentant au verre avec de la gutta-percha ramollie par la chaleur. Si maintenant, après avoir rempli le tube de mercure, on le retourne de manière à faire plonger l'extrémité ouverte dans une petite cuve remplie de ce métal, on produira un vide barométrique dans lequel l'air extérieur s'introduira peu à peu en passant à travers la pellicule de caoutchouc, en même temps que la colonne de mercure baissera graduellement dans le tube. Pour pouvoir opérer sur des gaz d'espèce différente, on dispose au-dessus de l'extrémité supérieure du diffusiomètre un capuchon en caoutchouc vulcanisé, cimenté à l'appareil par de la gutta-percha et muni de deux ouvertures, dont l'une destinée à l'introduction du gaz à examiner dans le capuchon, et l'autre à la sortie de l'excédant inutile. L'auteur fait complétement abstraction de la plaque de stuc qui sert de support à la pellicule de caoutchouc, le stuc étant d'une nature tellement poreuse qu'il peut être regardé comme n'exerçant aucune influence sur le résultat de l'expérience.

Le diffusiomètre étant disposé de la manière que nous avons expliqué, on fait communiquer le capuchon avec un gazomètre destiné à produire le gaz à examiner. Ce gaz, arrivé dans le capuchon, est aussitôt attiré par l'action du vide barométrique qui se trouve au-dessous de lui, pénètre dans la pellicule de caoutchouc, y subit, suivant M. Graham, une espèce de dissolution ou de liquéfaction de façon à imprégner cette pellicule dans toute son épaisseur, puis s'évapore de nouveau dans le vide, en faisant baisser le mercure dans le tube avec une vitesse d'autant

plus grande qu'il s'évapore en plus grande quantité. Les résultats d'une première série d'expériences faites au moyen de cet appareil sont consignés dans le tableau suivant, qui indique les temps employés par un volume constant de différents gaz à pénétrer à travers le caoutchouc, l'acide carbonique étant pris comme unité.

Pénétration du caoutchouc par des volumes égaux de gaz différents.

	Temps.
Acide carbonique	1
Hydrogène	2,470
Oxygène	5,316
Gaz des marais (CH_4)	6,326
Air atmosphérique	11,850
Oxyde de carbone	12,203
Azote	13,585

Ou en supposant les temps égaux, le volume de chaque gaz qui aura passé exprimera la vitesse de la pénétration.

Pénétration du caoutchouc dans des temps égaux.

	Vitesse.
Azote	1
Oxyde de carbone	1,133
Air atmosphérique	1,149
Gaz des marais	2,148
Oxygène	2,556
Hydrogène	5,500
Acide carbonique	13,585

En ayant égard aux circonstances dans lesquelles les gaz sont attirés dans le vide à travers la pellicule de caoutchouc, on ne doit pas s'attendre à trouver entre les nombres qui précèdent un rapport quelconque semblable

à celui qu'on remarque entre les coefficients de diffusion chez les gaz. Dans le système de M. Graham, l'absorption première du gaz par le caoutchouc doit dépendre d'une sorte d'affinité chimique qui existerait entre la matière dont est composé le gaz et la substance du caoutchouc, affinité analogue à celle dont on reconnaît l'action entre un corps soluble et le milieu dans lequel il est dissous. L'acide carbonique, par exemple, étant soluble dans l'éther et les huiles volatiles, il n'est pas étonnant qu'il puisse être dissous par les hydrocarbures du caoutchouc. Ce corps, se trouvant donc mouillé dans toute son épaisseur par le gaz liquéfié, on conçoit que ce dernier devra s'évaporer dans le vide et reparaître sous forme de gaz de l'autre côté du diaphragme. Dans ce cas, les nombres qui représentent les temps que mettent les différents gaz à traverser le caoutchouc, indiqueront assez approximativement le degré relatif d'absorption et de liquéfaction exercé sur ces gaz par le diaphragme en question.

Un autre moyen de rendre évident le passage des gaz à travers des diaphragmes de caoutchouc consiste à substituer au diffusiomètre un petit ballon en gomme élastique. Toutes les fois qu'un ballon de cette nature est gonflé avec de l'acide carbonique, de l'hydrogène ou du gaz des marais, le milieu ambiant étant de l'air atmosphérique, aussitôt il s'affaisse rapidement sur lui-même. En substituant à ces gaz de l'azote pur, on remarque, au contraire, que le ballon se dilate par suite de l'absorption d'une plus grande quantité de l'oxygène de l'air qu'il ne s'échappe d'azote. L'auteur cite, comme exemple, le cas d'un ballon de caoutchouc rempli d'azote, qui a augmenté de volume dans 24 heures de 132 à 136 millimètres, tandis qu'un ballon rempli d'oxygène pur a diminué dans le même

temps de 150 à 113 millimètres. De même, un ballon de 154 millimètres de diamètre, rempli d'hydrogène, s'est affaissé sur lui-même en 24 heures au point de ne présenter qu'un diamètre de 87 millimètres, et s'est trouvé renfermer alors 250 Cc. de gaz, dont 21,2 pour cent de l'oxygène, soit environ la même proportion que dans l'air atmosphérique. Une expérience analogue a été faite avec le diffusiomètre. Le tube de cet appareil ayant été rempli d'hydrogène, on a observé le mercure monter lentement dans le tube par l'effet d'une contraction graduelle du gaz, jusqu'à ce que, au bout de deux jours, 249 parties d'hydrogène qu'il renfermait au début de l'expérience se sont trouvées remplacées par 53 parties d'air atmosphérique. Dans ce cas, le rapport du volume d'air atmosphérique à celui de l'hydrogène s'est trouvé être à la fin de l'expérience de 1 à 4,7, tandis que par l'effet d'une simple diffusion le même rapport aurait été de 1 à 3,8.

La température à laquelle est exposé le caoutchouc influe d'une façon notable sur les propriétés dialytiques de ce corps. Lorsqu'on chauffe jusqu'à un certain point le caoutchouc, il devient par cela même plus perméable aux gaz, apparemment parce que le ramollissement de cette substance par la chaleur la rapproche davantage de la constitution d'un corps liquide, et partant, augmente son affinité pour les substances gazeuses. Cet effet a été remarqué très-distinctement en employant comme diaphragme dialyseur de la soie rendue imperméable par un vernis de caoutchouc. Les volumes d'air atmosphérique, qui ont pu traverser un mètre carré de ce diaphragme pour passer dans le vide, ont varié comme suit avec la température :

A 4°	0,56	Cc. d'air ont passé	dans	1	minute.
A 14°	2,25	»	»	»	»
A 60°	6,63	»	»	»	»

Les volumes de gaz étaient toujours réduits à une pression barométrique de 760 millimètres et à la température de 20° C.

L'auteur reconnaît que les résultats ci-dessus ne peuvent être regardés comme parfaitement constants, car le temps pendant lequel le caoutchouc est chauffé, et partant le degré de ramollissement qu'il acquiert, exerce une influence notable sur ses capacités dialytiques. Le caoutchouc, ramolli par la chaleur, présente aussi un phénomène curieux sous le rapport de sa propriété de retenir les gaz après leur absorption par cette substance. Du caoutchouc ramolli de la sorte, chargé d'acide carbonique à la température de 20°, puis ensuite durci par le froid, a paru abandonner son acide carbonique à l'air libre avec moins de rapidité que le même caoutchouc contenant un volume égal d'acide carbonique, mais qui était resté à l'état mou dès le début de l'expérience. Ce fait que l'auteur se propose de soumettre à un examen ultérieur, paraît établir un rapport intéressant entre le caoutchouc et les métaux malléables, quant à la propriété de ceux-ci d'absorber un gaz lorsqu'ils sont ramollis par la chaleur, et de le retenir avec beaucoup de force lorsque ces mêmes métaux se durcissent par le refroidissement.

L'expérience suivante montre à quel point le caoutchouc jouit de la propriété d'absorber certains gaz. Un fragment de caoutchouc, enlevé d'une plaque de cette substance au moyen d'un emporte-pièce, ayant été renfermé pendant plusieurs jours dans une cloche d'oxygène placée sur la cuve de mercure, on a pu en extraire, en le plaçant dans

le vide pendant 21 heures, 6,21 Cc. de gaz, dont 3,67 Cc. étaient de l'oxygène, 0,14 de l'acide carbonique et le reste de l'azote. En estimant le volume du caoutchouc à 53,8 Cc., l'oxygène absorbé s'est trouvé égal au 6,82 pour cent du volume du caoutchouc. Cette substance peut donc être considérée comme douée de la propriété d'absorber un volume d'oxygène deux fois plus grand que l'eau.

L'auteur n'a pu parvenir à démontrer l'absorption de l'hydrogène à la suite d'un séjour prolongé d'un fragment de caoutchouc dans ce gaz, probablement à cause de la grande volatilité de celui-ci.

De la séparation dialytique de l'oxygène de l'air atmosphérique, 1° au moyen d'autres gaz, 2° au moyen du vide. — Lorsqu'on abandonne à l'air libre un ballon de caoutchouc rempli de gaz hydrogène, il diminue peu à peu de volume et se trouve contenir en moins grande quantité, à la place de l'hydrogène, les gaz constituants de l'air. C'est ainsi qu'après un intervalle de trois heures, un ballon soumis à l'expérience dans les conditions que nous venons d'indiquer, et dont le diamètre primitif était de 150 millimètres, ne présentait plus qu'un diamètre de 128 millimètres. La composition du mélange gazeux qu'il renfermait était comme suit :

Oxygène. . . .	8,98	41,6
Azote	12,60	58,4
Hydrogène . .	78,42	....
	100,00	100,00

On voit qu'en faisant abstraction de l'hydrogène resté dans le ballon, celui-ci peut être regardé comme renfer-

mant de l'oxygène et de l'azote dans la proportion de 41,6 volumes d'oxygène à 58,4 volumes d'azote. En prolongeant l'expérience, on a remarqué que la proportion d'oxygène va constamment en diminuant, jusqu'à finir par ne pas dépasser le 21 pour cent du gaz resté dans le ballon. C'est ainsi qu'au bout de six heures, l'oxygène s'est trouvé être à l'azote dans la proportion de 33,63 volumes d'oxygène à 66,37 volumes d'azote ; et après 24 heures, dans la proportion de 26,48 oxygène à 73,52 azote. La quantité d'hydrogène dans le ballon a été aussi constamment en diminuant pendant toute la durée de l'expérience.

Si, au lieu d'hydrogène, on remplit le ballon de gaz acide carbonique, on obtient, en abandonnant ce ballon à l'air libre pendant 24 heures, une diminution de diamètre de 160 à 90 millimètres. Le gaz resté dans le ballon, après avoir été traité par un alcali caustique pour lui enlever ce qui restait d'acide carbonique, occupait un volume de 196 Cc. Ce gaz était capable de ranimer la combustion du bois incandescent et s'est trouvé à l'analyse composé d'oxygène 37,1 volumes et azote 62,9. Pour produire ce degré de concentration d'oxygène dans le ballon, il est indispensable d'interrompre l'expérience peu de temps après l'avoir commencée, sans quoi la quantité d'oxygène diminue de nouveau, et atteint au bout de 24 heures environ la proportion normale de 21 pour cent.

L'expérience précédente a été variée comme suit. Un ballon de caoutchouc, rempli d'acide carbonique, de manière à présenter un diamètre de 150 millimètres, ayant été plongé dans de l'eau à 22°, a perdu au bout de 48 heures la plus grande partie de son acide carbonique.

Le gaz resté dans le ballon, après avoir été lavé à la potasse, s'est trouvé contenir, sur 100 volumes, 25,77 oxygène, et 74,23 azote.

Nous arrivons maintenant à la séparation dialytique de l'oxygène de l'air par le moyen du diffusiomètre. Il est évident, d'après ce qui précède, qu'en faisant dialyser de l'air atmosphérique au travers de la pellicule mince de caoutchouc cimentée à l'orifice du diffusiomètre, l'air qui aura pénétré dans la partie supérieure du tube devra contenir une plus forte proportion d'oxygène que l'air atmosphérique. Maintenant, le mélange des deux gaz qui constitue l'atmosphère paraît capable de pénétrer dans le vide à travers la pellicule de caoutchouc, à peu près dans la même proportion relative que chacun de ces gaz pris séparément. Or, les vitesses de l'azote et de l'oxygène passant séparément ont été trouvées dans le rapport de 1 à 2,556. De là, la vitesse relative de perméabilité sera, pour l'oxygène, égale à $21 \times 2,556 = 53,676$; et pour l'azote égale à $79 \times 1 = 79$; ce qui donne pour 100 parties du mélange, 40,46 oxygène et 59,54 azote comme résultat de la dialyse de l'air par un diaphragme de caoutchouc.

M. Graham, dans le but d'obtenir un courant d'air continu à travers le diaphragme de caoutchouc, et de pouvoir à un moment donné soumettre à l'analyse l'air qui l'avait traversé, s'est servi d'un appareil imaginé par le Dr Sprengel. Cet appareil consiste en un tube barométrique BC de 2,5 millim. de diamètre et ouvert aux deux extrémités. Un entonnoir A est fixé à l'extrémité supérieure du tube de verre au moyen d'un tube de caoutchouc en C. L'extrémité inférieure du tube barométrique plonge dans un bain de mercure, et se trouve recourbé

en R. Le caoutchouc C, qui relie l'entonnoir au tube, peut être comprimé à volonté au moyen d'une pince à vis; enfin, un tube de verre latéral x est soudé au tube barométrique dans sa partie supérieure, et à l'extrémité de ce tube latéral se trouve adapté un sac ou ballon E, fermant hermétiquement. Sprengel imagina d'abord cet appareil comme un moyen commode de faire le vide, mais on peut, en recourbant l'extrémité inférieure du tube principal, s'en servir pour introduire un gaz quelconque dans un récipient, et aussi pour transférer des petits volumes de gaz d'un récipient dans un autre.

Lorsqu'on veut se servir de l'appareil de Sprengel, on commence par remplir l'entonnoir de mercure, la communication entre l'entonnoir et le tube étant maintenue fermée. Puis on ouvre tant soit peu le tube en desserrant légèrement la pince à vis, de façon à permettre au mer-

cure de s'écouler à travers le tube en entraînant naturellement avec lui l'air renfermé dans celui-ci. L'auteur affirme avoir obtenu par ce moyen, en prenant d'ailleurs toutes les précautions nécessaires en pareil cas, un vide aussi parfait que celui d'un baromètre dont le mercure n'aurait pas été préalablement soumis à l'ébullition.

M. Graham a apporté successivement plusieurs modifications à l'appareil que nous venons de décrire. Il a commencé par employer comme récipient un coussin à air ordinaire, dont la surface totale était de 0,3482 mètre carré. Après en avoir expulsé l'air par la simple pression de la main, il a achevé d'y faire le vide au moyen de l'appareil de Sprengel. Lorsque ce vide a paru complet, on a vu le tube de Sprengel émettre de l'air lentement, mais d'une manière parfaitement uniforme. L'introduction préalable dans le coussin d'une petite quantité de sable ou de sciure de bois paraissait faciliter l'opération, sans pourtant être indispensable. Le volume d'air, ainsi extrait dans l'espace de trois heures, s'est trouvé être de 15,65 Cc. et renfermer pendant la première heure 38, pendant la seconde 40,3 et pendant la troisième 41,2 pour cent d'oxygène; la quantité plus faible d'oxygène dans les deux premières opérations étant due, sans doute, à une petite quantité d'air non dialysé qui était resté dans le récipient. En prenant pour unité un mètre carré de surface, l'auteur montre par le calcul, que chaque mètre carré d'un diaphragme analogue à l'étoffe dont est composé le coussin, donne passage à 44,95 Cc. par heure, ou 0,749 Cc. par minute, d'air dialysé contenant assez d'oxygène pour enflammer du bois incandescent.

Caoutchouc vulcanisé. — Dans une expérience subsé-

quente, l'auteur substitue au coussin de caoutchouc un tube de plus de 3 mètres de long en caoutchouc vulcanisé. Ce tube avait 9 millimètres de diamètre intérieur sur 2 millimètres d'épaisseur. L'une de ses extrémités était fermée, et l'autre communiquait avec la pompe de Sprengel, afin d'y faire le vide. Dans ce cas, la quantité de gaz recueilli après un intervalle de 13 heures ne s'est trouvé être que de 11,25 Cc. et renfermait 37,8 pour cent d'oxygène. On voit par cet exemple, que la pénétration d'un gaz dans le cas d'un tube en caoutchouc épais, est beaucoup moindre que celle qui a lieu dans le cas d'un ballon mince de la même substance. Il se peut aussi que dans le premier cas l'on ne soit pas complétement à l'abri de la diffusion gazeuse. Il ne paraît pas d'ailleurs qu'un accroissement dans l'épaisseur du diaphragme de caoutchouc tende à modifier d'une manière sensible la proportion d'oxygène dans l'air dialysé, tandis qu'elle ralentit décidément le passage du gaz. La proportion d'oxygène dans l'air dialysé atteint quelquefois, mais ne dépasse jamais celle de 41,6 oxygène à 58,4 azote.

Ballons minces en caoutchouc non vulcanisé. — Chaque ballon renfermait 0,76 grammes de caoutchouc : on y introduisait de la sciure de bois sur laquelle les parois du ballon s'affaissaient lorsqu'on y faisait le vide, tout en conservant à ce ballon un diamètre de 95 millimètres. L'un d'eux, mis en communication avec l'appareil de Sprengel, s'est laissé pénétrer en 41 minutes par 19,6 Cc. d'air dialysé, soit 0,48 Cc. par minute. Cet air renfermait 41,32 pour cent d'oxygène. La surface du ballon étant de 0,0283 mètre carré, il est facile de calculer, que la proportion d'air dialysé par mètre carré de surface, serait de 16,9 Cc. par minute, soit, cinquante fois plus

que dans le cas d'un diaphragme de caoutchouc de l'épaisseur de 1 millimètre. Dans une autre expérience avec un ballon passablement plus grand, la quantité d'air dialysé par mètre carré atteint 26,5 Cc. par minute. C'est le plus que l'auteur ait jamais obtenu. Il paraît donc que de toutes les substances colloïdes, c'est l'enveloppe mince et transparente de ces petits ballons de caoutchouc, qui réunit l'ensemble de circonstances les plus favorables pour opérer la dialyse d'un mélange gazeux.

Étoffe de soie recouverte d'un seul côté d'un vernis de caoutchouc légèrement vulcanisé. — C'est l'étoffe dont on se sert habituellement en Angleterre pour les vêtements imperméables. L'auteur a fait construire avec cette étoffe un petit sac ou ballon, verni en dedans seulement, et entre les plis duquel était placé une double épaisseur de feutre, de façon à occuper l'intérieur du sac. Lorsque ce sac est vide d'air, il s'aplatit presque complétement et acquiert une consistance analogue à celle du carton. Après avoir fait le vide dans le sac par une machine pneumatique, on le met en communication avec un appareil de Sprengel au moyen d'un tube ordinaire en caoutchouc. L'auteur a trouvé de l'avantage à entreposer entre le sac et la pompe de Sprengel un ballon robuste de verre de la contenance de 1 à 2 litres, de manière à ce que le vide se fasse dans l'un et l'autre simultanément. Ce ballon devient alors un magasin, dans lequel l'air dialysé peut s'accumuler pendant une journée entière avant que de passer dans le tube de Sprengel pour être soumis à l'examen.

Nous avons déjà vu que l'action de la température sur la pénétrabilité du caoutchouc ne doit pas être négligée. En opérant avec le ballon à dialyser décrit ci-dessus, et à

la température de 20°, le volume d'air recueilli dans 20 minutes s'est trouvé dans deux expériences consécutives de 6,35 et 6,57 Cc., soit pour un mètre carré de surface, 2,25 Cc. par minute. La proportion d'oxygène était, en moyenne, de 42,5 pour cent. A la température de 60°, le volume d'air qui a pénétré à travers un mètre carré de caoutchouc, a été de 6,65 Cc. par minute, soit environ trois fois plus qu'à la température de 20°. En maintenant le ballon à 4°, le volume d'air qui a pénétré n'a plus été que de 0,56 Cc. par minute, soit quatre fois moins qu'à la température de 20°. A cette température, la proportion d'oxygène dans l'air dialysé s'est trouvé être aussi plus considérable, savoir, 46,75 et 47,43 pour cent. A la température de zéro, le caoutchouc durcit, devient un peu poreux et permet au gaz de se diffuser plus ou moins à travers sa substance. Dans cet état, le caoutchouc se laissait pénétrer par de l'air en petite quantité qui ne contenait que de 28 à 23 pour cent d'oxygène. Cette anomalie, qui ne se vérifie pour le caoutchouc qu'à la température de zéro, a lieu constamment pour la gutta-percha à 20°, et même au-dessus.

La quantité moyenne d'oxygène dans de l'air dialysé par le caoutchouc étant de 41,6 pour cent, cet air peut être envisagé comme de l'air atmosphérique privé par une première opération de la moitié environ de son azote. L'effet d'une seconde dialyse serait moins considérable, puisqu'il ne soutirerait que la moitié de l'azote resté après la première. Il en serait de même d'une troisième dialyse, et ainsi de suite. La concentration de l'oxygène coûterait chaque fois davantage, et en fin de compte, le résultat le plus favorable auquel on pourrait arriver, n'équivaudrait qu'à une approximation. On conçoit cependant que le

dialyseur pourrait être employé avec avantage à réduire de moitié la proportion d'azote dans l'air, en vue de certains résultats pratiques.

L'auteur termine la première partie de son mémoire en rapportant quelques expériences dans lesquelles il a essayé d'employer comme dialyseur la gutta-percha, mais sans succès; cette substance étant assez poreuse pour permettre aux molécules gazeuses de la traverser lentement, mais en quantité sensible.

SECONDE PARTIE.

De l'action des diaphragmes métalliques à la chaleur rouge.

1° *Le Platine.* — L'auteur, en rappelant les expériences remarquables de MM. Ste-Claire Deville et Troost au sujet du passage des gaz à travers des plaques de platine ou de fer fondu chauffées au rouge, émet l'opinion, que ce phénomène pourrait bien être d'une nature analogue à celle du passage des gaz à travers un diaphragme de caoutchouc. L'on est cependant obligé de reconnaître, que l'hypothèse de la liquéfaction ne peut s'appliquer que d'une manière vague et tout à fait générale à des corps aussi élastiques et aussi volatils que le sont les gaz, et plus particulièrement l'hydrogène, à une température aussi élevée. Il est cependant difficile de refuser complétement à une substance ramollie par la chaleur cette faculté d'absorption et de liquéfaction des gaz, en face du fait parfaitement constaté, que de l'argent préparé par voie de fusion est capable d'absorber et de retenir à la chaleur rouge 18 à 20 fois son volume d'oxy-

gène. L'on ne peut non plus se dispenser de reconnaître que l'absorption d'un gaz par un liquide ou par une substance colloïde ne dépend pas d'un effet purement physique. Quelque analogie dans la composition paraît indispensable, comme par exemple, dans le cas où le gaz et le liquide appartiendraient l'un et l'autre à la classe des hydrocarbures, et que partant, il puisse y avoir entre eux une relation de nature à donner lieu à un jeu d'affinités ou à une attraction de solution. Notre auteur se demande s'il ne serait pas permis d'entrevoir une relation de même nature entre l'hydrogène et les corps liquides ou colloïdes qui appartiennent à la classe des métaux. Il fait remarquer, à l'appui de cette idée, qu'il est probable que les pores moléculaires d'un solide se laisseront pénétrer plus facilement par un liquide que par un corps gazeux. Les liquides, en effet, manifestent souvent de l'adhésion pour les solides, tandis qu'il en est autrement des gaz composés, comme on le sait, de particules essentiellement répulsives. Il serait donc permis de concevoir dans une masse solide tel degré de porosité, capable de livrer passage aux particules d'un liquide, tout en restant impénétrable aux mouvements de diffusion des molécules gazeuses.

M. Deville, dans une publication récente, émet la conjecture suivante, comme pouvant rendre compte jusqu'à un certain point des résultats auxquels l'ont conduit ses propres observations. « Dans les métaux, dit-il, la poro-
« sité résulte de la dilatation que la chaleur fait éprouver
« aux espaces intermoléculaires ; elle est en relation avec
« la forme des molécules que l'on peut toujours supposer
« régulières, et avec leur alignement qui détermine le
« clivage ou les plans de facile fracture des masses cris-

« tallisées. C'est cet intervalle intermoléculaire que le « phénomène de la porosité des métaux purs et fondus « accuse avec une évidence éclatante ; c'est aussi par ce « phénomène que l'on peut espérer de calculer la dis- « tance des molécules solides, aux températures élevées « où les gaz peuvent s'y introduire. » Il existerait ainsi chez les métaux, dans l'opinion de M. Deville, une nouvelle espèce de porosité due entièrement à la dilatation par la chaleur. Cette porosité intermoléculaire ne serait pas suffisante, dans le cas du fer et du platine, pour permettre la pénétration d'un gaz à travers ces métaux à la température ordinaire, mais elle tendrait à se développer à mesure que la chaleur augmente, et deviendrait sensible à la température de l'ignition. Une telle porosité, si elle existe en effet, est sans doute de nature à jeter un jour nouveau sur les distances auxquelles se trouvent les particules solides des métaux les unes des autres à une température élevée, et lorsque ces corps deviennent perméables aux fluides gazeux.

Le moyen le plus simple de rendre évident le passage de l'hydrogène à travers le platine, consiste à permettre à ce gaz de se frayer un chemin à travers le métal dans un espace vide d'air. M. Deville, dans son expérience fondamentale [1], plaçait un tube de platine rempli d'azote dans l'intérieur d'un large tube de porcelaine contenant de l'hydrogène. M. Graham a modifié cette disposition en mettant le tube de platine, fermé à l'une de ses extrémités, en communication par l'extrémité ouverte avec la pompe de Sprengel, de façon à substituer au gaz azote un vide barométrique. On s'est assuré que ce vide restait con-

[1] *Comptes rendus*, 1863, tome LVII, p. 965.

stant tant que le gaz hydrogéné, admis dans l'espace annulaire entre les deux tubes, se trouvait à la température ordinaire de l'atmosphère. Mais dès que le tube extérieur de porcelaine s'est trouvé chauffé au rouge vif, aussitôt le platine a commencé à émettre du gaz hydrogène, qui avait évidemment pénétré à travers ce métal pour se jeter dans l'espace vide. La pompe de Sprengel a fourni par ce moyen, dans l'espace de sept minutes, 15,47 Cc. de gaz, dont 15,27 Cc. était de l'hydrogène pur.

Dans une seconde expérience l'auteur, après avoir constaté qu'à la température ordinaire le vide restait aussi parfait que possible, le gaz fourni par la pompe de Sprengel pendant 40 minutes n'ayant pas dépassé une bulle de la grosseur d'une tête d'épingle, fit chauffer l'appareil des tubes, d'abord au rouge mat, puis graduellement au rouge vif et au rouge blanc. La quantité d'hydrogène fourni pour chaque intervalle de cinq minutes, à mesure que la température croissait, s'est trouvé de 15,5, 17,4, 16,9 et 18,6 Cc. Cette dernière observation correspond à 3,72 Cc. d'hydrogène pur par minute. La longueur du tube de platine dans cette expérience était de 0,812 mètre, et son épaisseur de 1,1 millim., avec un diamètre intérieur de 12 millimètres. En ne tenant compte que de la portion du tube exposé à la chaleur rouge, laquelle n'avait que 200 millimètres de longueur, l'auteur arrive à la conclusion, qu'un mètre carré de platine chauffé au rouge laisse passer 489,2 Cc. d'hydrogène par minute. En comparant ce résultat avec ceux obtenus précédemment sur la perméabilité du caoutchouc, on trouve que le passage de l'hydrogène par minute à travers un diaphragme de un mètre carré est :

Pour le caoutchouc de l'épaisseur de 0,014 millimètre, 127,2 Cc. à 20°.

Pour le platine de l'épaisseur de 1,1 millimètre, 489,2 Cc. au rouge vif.

Après avoir constaté, par de nombreuses expériences, la perméabilité du platine pour l'hydrogène à la chaleur rouge, l'auteur a soumis successivement à la même épreuve un grand nombre d'autres gaz. L'appareil dont il s'est servi étant le même que précédemment, nous n'avons pas à entrer de nouveau dans le détail des expériences. Nous nous bornerons à indiquer le résultat singulier auquel il est arrivé : savoir que, tandis qu'un diaphragme de platine de 1,1 millim. d'épaisseur donne passage, à la chaleur rouge vif, à 211 Cc. d'hydrogène par heure, les autres gaz soumis à l'expérience, savoir, l'oxygène, l'azote, le chlore, l'acide hydrochlorique, la vapeur d'eau, l'oxyde de carbone, le gaz des marais [1], l'acide carbonique, le gaz oléfiant, l'acide hydro-sulfureux et l'ammoniaque n'ont jamais pénétré à travers le platine dans une proportion égale à 0,2 Cc. par heure. En d'autres termes, le platine à l'épaisseur de 1,1 millim. peut être regardé comme sensiblement impénétrable à tous les gaz, sauf l'hydrogène. Reste à déterminer s'il en serait de même à une température plus élevée encore, ou lorsqu'on diminuerait notablement l'épaisseur du diaphragme de platine.

L'auteur a repris l'une des expériences les plus curieuses de M. Deville, de laquelle il paraissait résulter que lorsque l'espace entre le platine et le tube extérieur de porcelaine est rempli d'air atmosphérique, l'hydrogène

[1] Dans le cas de ce gaz, ainsi que dans celui d'autres gaz renfermant de l'hydrogène, ce qui passait à travers le platine n'était jamais que de l'hydrogène pur.

s'échappe à travers les parois du tube de platine avec une vitesse beaucoup plus grande qu'il ne l'aurait fait en vertu des lois de la simple diffusion. L'appareil étant chauffé au rouge vif, on a fermé l'accès de l'hydrogène au tube de platine, tandis que l'autre extrémité de ce tube a été maintenue en communication avec un tube barométrique plongeant dans du mercure. Aussitôt il s'est manifesté un mouvement ascensionnel de mercure dans le tube barométrique, provenant du dégagement de l'hydrogène à travers les parois du tube de platine, jusqu'à ce que, au bout d'une heure, ce tube s'est trouvé presque complétement vide. En effet, le mercure s'était élevé dans le tube barométrique à 710 millim., ce qui ne laissait qu'une tension de 40 millim. pour l'hydrogène resté dans le tube. Le volume d'hydrogène qui se trouvait dans le tube au début de l'expérience, comparé à celui resté à la fin, était dans ce cas dans le rapport de 18,75 à 1, tandis que dans le cas de la simple diffusion du gaz hydrogène dans l'air, ce rapport aurait été de 3,8 à 1 seulement. La petite quantité de gaz resté dans le tube de platine à la fin de l'expérience, savoir, 3,56 Cc., renfermait encore 0,34 Cc. d'hydrogène; le reste était de l'azote. Il est difficile d'expliquer la présence d'une quantité aussi notable d'azote, à moins d'admettre que, lors même qu'il est constant que ce gaz ne peut pénétrer à travers les parois d'un tube de platine dans le vide, il ne serait pas impossible qu'il pût en passer une petite quantité dans le tube de platine pendant l'intervalle où l'hydrogène pénètre à travers ce métal dans la direction opposée. Dans ce cas, l'hydrogène liquide ou gazeux, absorbé par le diaphragme de platine, deviendrait une espèce de véhicule au moyen duquel un autre corps de

même nature, tel que l'azote, acquerrait la faculté de traverser le platine en quantité limitée, par un simple procédé de diffusion liquide ou gazeuse.

De l'absorption et de la détention de l'hydrogène par le platine. — On a déjà vu dans la première partie de ce mémoire que, dans l'opinion de M. Graham, le passage d'un gaz à travers un diaphragme colloïde n'avait lieu qu'à la suite de sa condensation dans la substance dont ce diaphragme est composé. Il en serait de même, suivant notre auteur, dans le cas du platine. L'hydrogène serait d'abord absorbé et liquéfié par l'action du platine chauffé au rouge, se répandrait ensuite dans toute la substance du métal par l'effet de la diffusion, et finirait par reparaître de l'autre côté du platine sous la forme de gaz. Pour justifier cette hypothèse, M. Graham a fait une série d'expériences du plus haut intérêt sur le pouvoir absorbant du platine pour le gaz hydrogène. Voici, en abrégé, sa manière d'opérer.

On introduit dans un tube de porcelaine verni au dedans et au dehors, long de 0,55 mètres et de 23 millimètres de diamètre intérieur, du fil de platine en quantité suffisante pour remplir les deux tiers de la portion centrale du tube. On a lavé préalablement ce platine à la potasse caustique pour le débarrasser de toute espèce de matière grasse ou huileuse. Chacune des extrémités du tube est fermée par un bouchon foré, au travers duquel passe un petit tube de verre. Les bouchons sont cimentés au tube par du gutta-percha fondu. Le tube de porcelaine étant placé dans un fourneau à combustion, pareil à celui dont on se sert pour les analyses organiques, l'une de ses extrémités est mise en communication avec la pompe de Sprengel, et l'autre avec l'appareil destiné à

introduire de l'hydrogène ou tout autre gaz dans l'intérieur du tube. Le tube étant rempli de gaz, un obturateur à vis permet de fermer l'ouverture par laquelle le gaz a été introduit, et d'enlever l'appareil destiné à le produire. Cette disposition permet de chauffer commodément au rouge le platine, soit dans le vide, soit dans une atmosphère d'hydrogène ou de tout autre gaz introduit dans le tube de platine.

Première expérience. — Un faisceau de fil de platine provenant du métal fondu, du diamètre de 4,1 millimètres, long de 0,695 mètre et pesant 201 grammes, ayant été introduit dans le tube de porcelaine, on y a fait le vide au moyen de la pompe de Sprengel. Après avoir chauffé le platine au rouge pendant une heure, pour le débarrasser de tout produit gazeux qui aurait pu s'y trouver adhérer accidentellement, on a introduit dans le tube de porcelaine chauffé au rouge cerise du gaz hydrogène parfaitement sec. Puis on a permis à l'appareil de se refroidir lentement, de façon à laisser le platine pendant 20 minutes environ dans une atmosphère d'hydrogène, d'abord au-dessus, puis plus tard au-dessous de la température du rouge mat. Le tube s'étant complétement refroidi, on l'a fait traverser par un courant d'air ou d'azote jusqu'à ce qu'on fût certain qu'il ne contenait plus d'hydrogène libre. Lorsque ensuite on a fait le vide dans le tube à froid au moyen de la pompe de Sprengel, il n'en est pas sorti la plus petite quantité d'hydrogène. On appliqua alors la chaleur comme précédemment, et au moment où le tube est devenu rouge, le gaz a commencé à se dégager. Au bout d'une heure, 2,12 Cc. de gaz avait été recueilli, dont le tiers dans les premières dix minutes. Il était composé de :

Hydrogène.	1,93 Cc.
Azote.	0,19

En supposant la densité du platine de 21,5, les 201 grammes de fil de platine auront un volume de 9,34 Cc., d'où l'auteur conclut que, dans l'expérience ci-dessus, un volume de platine a retenu à froid 0,207 volume d'hydrogène. L'apparence du métal n'avait d'ailleurs subi aucun changement.

En répétant plusieurs fois l'expérience avec le même fil de platine, il est à remarquer que la quantité d'hydrogène retenu tend à diminuer. Dans trois essais successifs faits avec le même métal, le volume d'hydrogène retenu par un volume égal de platine a été comme suit :

1re expérience	0,207	volume	d'hydrogène.
2me »	0.171	»	»
3me »	0.173	»	»
4me »	0.128		

L'ensemble de ces résultats indique l'existence dans le platine d'une propriété nouvelle, celle d'absorber l'hydrogène à la chaleur rouge et de le retenir à une température au-dessous du rouge pendant un temps indéfini. L'auteur propose de désigner cette rétention de l'hydrogène par le platine sous le nom d'*occlusion*.

Dans une nouvelle série d'expériences, M. Graham a substitué à la fonte de platine, ce même métal ; 1° sous forme d'éponge grise pulvérulente, telle qu'on l'obtient du chlorure double de platine et d'ammoniaque : 2° sous forme de platine forgé. Sous la première forme, celle d'éponge, un volume de platine a été trouvé capable d'*occlure* en moyenne 1.48 volume d'hydrogène. Sous la seconde, celle de platine forgé, trois expériences successives faites avec

le même métal ont donné les résultats suivants pour la quantité d'hydrogène retenue par un volume de platine :

1re expérience	5,53	volumes d'hydrogène.
2me »	4,93	
3me »	3,83	

On voit que, dans le cas du platine forgé, la quantité d'hydrogène retenue est beaucoup plus considérable que dans le cas du platine fondu ; cette quantité tend d'ailleurs à diminuer, comme précédemment, à mesure qu'on répète l'expérience avec le même métal. Dans tous ces essais avec le platine forgé, le lustre métallique n'a point été altéré par suite de la pénétration du gaz dans le tube, mais après son émission, la couleur du métal était devenue plus blanche, et sa surface paraissait recouverte de petites vésicules.

Dans une dernière expérience faite avec le même platine forgé, l'auteur a substitué au tube de porcelaine un tube de verre très-dur qui communiquait, comme celui en porcelaine, avec la pompe de Sprengel. Le tube de verre ayant été chauffé au moyen d'un bain d'huile à la température de 220°, et le platine maintenu dans le vide à cette température pendant une heure, il ne s'est pas dégagé la plus petite bulle de gaz. Ce n'est que lorsque le tube a été chauffé par la flamme d'une lampe de Bunsen à 500° environ, que le dégagement de gaz est devenu apparent. Au bout de dix minutes, on avait recueilli 1,72 Cc. d'hydrogène ; à ce moment le tube s'est fendu. Le platine ayant été aussitôt transporté dans un tube de porcelaine et porté à la chaleur rouge, il s'en est encore dégagé 8,6 Cc. de gaz, dont 8,2 étaient de l'hydrogène. Dans ce cas, le platine avait retenu par occlusion 3,79 fois son volume d'hydrogène.

L'expérience que nous venons de citer est d'accord avec le résultat déjà mentionné, savoir : qu'à la température ordinaire de l'atmosphère, la totalité de l'hydrogène absorbé reste *occluse* dans le platine. L'auteur, en vue de le confirmer, a renfermé du platine chargé d'hydrogène dans un tube de verre hermétiquement clos, et dont il occupait la plus grande partie. Ouvert après un intervalle de deux mois, on a pu constater que ce tube ne renfermait pas d'hydrogène libre : la totalité de ce gaz était resté dans le platine.

Dans les diverses expériences citées jusqu'à présent, l'absorption de l'hydrogène par le platine a eu constamment lieu à la température de la chaleur rouge ; mais dans certaines circonstances et sous la pression atmosphérique, cette absorption peut avoir lieu à une température moins élevée. C'est ainsi que du platine laminé, chauffé pendant trois heures dans une atmosphère d'hydrogène à une température qui n'a jamais dépassé 230°, et qu'on a laissé se refroidir ensuite dans une atmosphère du même gaz, a abandonné de l'hydrogène à la pompe de Sprengel, dès qu'il a été porté de nouveau à la température de la chaleur rouge. L'expérience a montré que, dans ce cas, du platine laminé avait absorbé en trois heures 1,45 fois son volume d'hydrogène à la température de 230°. Dans une expérience subséquente, du platine sous cette même forme et placé dans des circonstances analogues a absorbé, même à la température de 100°, 0,76 fois son volume d'hydrogène.

2° *Le Palladium.* — La propriété dont jouit le palladium d'absorber l'hydrogène est remarquable, non-seulement à cause de la quantité énorme de gaz dont il s'empare, mais aussi parce que cette absorption se manifeste

à la température ordinaire de l'atmosphère, pourvu que le métal ait été préalablement chauffé au rouge dans le vide. Dans ses recherches sur le pouvoir absorbant du palladium, M. Graham s'est servi du même appareil que pour le platine. Dans une première expérience, un fragment de palladium laminé, du poids de 1,58 grammes et présentant une surface de 0,00902 mètre carré, a été chauffé dans de l'hydrogène dans un bain d'huile à la température de 245°, et puis abandonné à un refroidissement très-graduel. Le métal ayant été ensuite mis en communication avec la pompe de Sprengel à la température de 17°,8, aucun dégagement de gaz n'a été remarqué; mais dès que le fourneau, au-dessus duquel se trouvait le tube, a été allumé, aussitôt on a vu l'hydrogène se dégager en abondance pendant un quart d'heure. Au bout de ce temps on en avait recueilli 69,92 Cc., dont la plus grande partie dans les premières dix minutes. Il résulte de cette expérience qu'un volume de palladium a pu absorber et retenir à l'état d'occlusion 526 volumes d'hydrogène, sans que la température de ce métal ait jamais dépassé 245°.

Dans une nouvelle expérience, l'auteur montre qu'à une température moins élevée, l'absorption du gaz est encore plus remarquable. Cette fois le palladium a été chauffé pendant trois heures dans de l'hydrogène à la température de 90 à 97° seulement. Après s'être refroidi lentement dans le gaz pendant une heure et demie et avoir été ensuite chauffé dans un tube de verre par la flamme du gaz d'éclairage, le métal a émis dans le vide de la pompe de Sprengel un volume d'hydrogène équivalent à 643,3 fois son propre volume. On n'a d'ailleurs remarqué aucune altération dans l'aspect métallique du palla-

dium chargé de cette immense quantité de gaz, mais une augmentation sensible dans le poids du métal a pu être constaté. C'est ainsi qu'un fragment de 5,9516 grammes de palladium laminé s'est accru en poids de 0gr,0026, à la suite d'un séjour de ce métal dans l'hydrogène pendant quatre heures, à la température de 100°.

Mais c'est sous la forme d'éponge, provenant de l'ignition du cyanure, que le palladium est capable d'absorber la plus grande quantité d'hydrogène. En effet, M. Graham a démontré que de l'éponge de palladium chauffée dans de l'hydrogène à 200°, puis abandonnée à un refroidissement graduel dans ce gaz pendant quatre heures, pouvait absorber jusqu'à 686 fois son volume d'hydrogène. Chauffé de la même manière dans de l'air atmosphérique, le palladium, sous cette même forme, n'avait pas absorbé la plus petite quantité d'oxygène ou d'azote.

Un alliage de cinq parties de palladium avec quatre d'argent jouit aussi de la propriété d'absorber et de retenir le gaz hydrogène, quoiqu'en quantité beaucoup moindre que le palladium pur à l'état de feuille ou d'éponge. Cet alliage ne retient, en effet, que 20,5 fois son volume d'hydrogène ; il se cristallise par la chaleur, et dès lors paraît perdre une grande partie de son pouvoir absorbant.

Nous avons déjà annoncé que le palladium paraissait doué de la propriété d'absorber l'hydrogène en quantité considérable, même à la température ordinaire, pourvu que ce métal eût été récemment chauffé au rouge dans le vide. Du palladium laminé qui n'avait pas subi cette opération préalable, lorsqu'on l'a chauffé au rouge après un séjour de plusieurs heures dans de l'hydrogène pur, n'a point émis de gaz dans le vide de la pompe de Spren-

gel. Mais ce même palladium ayant été introduit, après refroidissement, dans une bouteille d'hydrogène et laissé dans ce gaz pendant une nuit, une absorption abondante a eu lieu, comme il était facile de s'en assurer en enlevant le bouchon de verre et en entendant l'air se précipiter dans le vide partiel qui s'était formé.

Lorsque du palladium a été chargé d'hydrogène, ce gaz, soit qu'il soit retenu à l'état liquide dans la substance même du palladium, soit qu'il reste dans les pores de ce métal, paraît s'évaporer lentement à la température ordinaire de l'atmosphère. C'est ainsi que du palladium en feuille, qui avait absorbé 20,7 Cc. d'hydrogène, n'en renfermait plus que 16,2 Cc., après avoir été exposé à l'air libre pendant 42 heures. Le palladium diffère sous ce rapport du platine qui retient pendant plusieurs semaines, sans perte aucune, l'hydrogène dont il a été chargé.

L'auteur a remarqué que la condensation de l'hydrogène dans le palladium, soit en feuille, soit à l'état d'éponge, tend à augmenter les affinités chimiques de ce métal. En plaçant, à l'obscurité et à la température ordinaire de l'atmosphère, du palladium chargé d'hydrogène dans des dissolutions faibles des substances suivantes, la réaction de l'hydrogène se manifeste comme suit :

Les sels de peroxyde de fer deviennent des sels de protoxyde.

Le ferricyanure de potassium devient du ferrocyanure.

De l'eau chlorée devient de l'acide hydrochlorique.

De l'eau iodée devient de l'acide hydriodique.

En résumé, on peut regarder comme démontré que le palladium forgé à l'état de feuille mince est capable d'ab-

sorber plus de 600 fois son volume d'hydrogène à une température au-dessous de 100° ; plus de 500 fois son volume à 245°, et une quantité proportionnellement moindre à des températures plus élevées, l'hydrogène restant soumis à la pression ordinaire de l'atmosphère. L'hydrogène se laisse aussi absorber par le palladium en grande quantité, quoique d'une façon moins constante, à la température ordinaire. D'autre part, du palladium chargé jusqu'à saturation d'hydrogène à 100° ou au-dessous, sous la pression atmosphérique, commence à émettre du gaz, lorsqu'on l'expose, soit à l'atmosphère, soit à un vide à la même température que celle à laquelle l'absorption a eu lieu, et cette émission devient abondante à la température de 200°.

La construction par M. Matthey d'un cylindre ou tube de palladium de l'épaisseur d'un millimètre, a fourni à l'auteur l'occasion d'étudier la pénétration par l'hydrogène d'un disque compact de ce métal. Ce tube avait 115 millimètres de long, son diamètre intérieur était de 12 millimètres et sa surface extérieure de 0,0053 mètre carré. A chacune de ses extrémités était soudé un disque épais en platine, et par l'un de ces disques passait un tube de platine destiné à faire le vide dans le tube au moyen de l'appareil de Sprengel. Le tube vide d'air, ayant été placé, comme précédemment, dans une atmosphère d'hydrogène à 100°, au bout de trois heures ce gaz n'avait pu passer en quantité sensible à travers les parois de palladium. Ce n'est qu'à 240° qu'il a commencé à pénétrer dans le tube, avec une vitesse toujours croissante jusqu'à 265°. A compter de cette température, le gaz a continué à s'introduire dans le tube avec une vitesse uniforme, à raison de 8,67 Cc. par chaque cinq minutes. A

une température voisine de l'ignition, cette vitesse s'est accrue jusqu'à 11,2 Cc. par cinq minutes, soit 423 Cc. par minute pour un mètre carré de surface. En substituant dans cette expérience à l'hydrogène du gaz d'éclairage, le gaz qui a commencé à pénétrer à travers les parois du tube à la même température que précédemment, s'est trouvé être de l'hydrogène pur, ne contenant plus trace de carbone. Ce fait remarquable avait déjà été observé dans le cas du platine : peut-être pourrait-on se servir de cette propriété isolante d'un cylindre creux de palladium pour déterminer la quantité d'hydrogène contenue dans un mélange gazeux.

Il est à présumer, d'après le système de M. Graham, que l'hydrogène pénètre dans le palladium à l'état physique d'un liquide, soit que ce phénomène se trouve analogue à l'imbibition de l'éther, du chloroforme et autres substances de cette nature par le caoutchouc colloïde, soit qu'une certaine porosité dans la structure du palladium paraisse être une condition nécessaire. L'auteur considère la porosité du métal comme portée à un degré tel, qu'il se laisse pénétrer par des molécules liquides, mais reste imperméable aux molécules gazeuses. D'autre part, les nombreux composés liquides de carbone et d'hydrogène ayant tous une densité à peu près égale, en général un peu inférieure à celle de l'eau, il n'y a pas de motif pour supposer que la densité de l'hydrogène liquide doive différer beaucoup de celle des hydrocarbures : seulement il est à remarquer que, par suite de l'extrême légèreté spécifique du gaz hydrogène, le volume de vapeur fourni par l'hydrogène liquide, doit être infiniment plus grand que celui qui proviendrait des hydrocarbures ou de toute autre substance. Dans cette hypothèse, et en regardant l'absorption

de l'hydrogène comme celle d'un liquide éminemment volatil capable de se convertir en une vapeur excessivement légère, et non comme celle d'un gaz, on s'étonnera moins de la grande quantité d'hydrogène condensé par le palladium dans les circonstances que nous avons énumérées.

Cette propriété de pénétrer dans certains métaux est-elle exclusivement propre au gaz hydrogène ? Le docteur Whetherill a émis récemment l'opinion que la turgescence de l'amalgame d'ammonium dépend uniquement de la rétention de bulles d'hydrogène. Si cette opinion est fondée, l'hydrogène manifesterait aussi une espèce d'affinité particulière pour le mercure. La seule autre substance gazeuse, outre l'hydrogène, dans laquelle l'auteur a reconnu la propriété de pénétrer à travers une plaque de palladium, est la vapeur d'éther sulfurique, et cela à la température ordinaire et dans des circonstances où l'hydrogène même ne peut pénétrer à travers ce métal. D'autre part, le pouvoir pénétrant de l'hydrogène, dû à la liquéfaction de ce gaz, ne paraît pas borné exclusivement aux diaphragmes métalliques. L'auteur a quelque raison de croire que l'hydrogène, en se diffusant à travers un diaphragme de graphite, passe aussi en proportion limitée sous la forme liquide, sans diffusion inverse (counter-diffusion) d'air. Ces phénomènes de pénétration gazeuse lui ont suggéré l'idée d'une progression dans le degré de la porosité. Il y aurait, suivant M. Graham : 1° des pores à travers lesquels les gaz pénètrent par suite de la pression ou d'une transpiration capillaire, comme cela a lieu pour les pores du bois sec et pour ceux de certains minéraux ; 2° des pores à travers lesquels les gaz ne passent point par la pression, mais bien par l'effet du mouvement mo-

léculaire de diffusion qui leur est propre, tel que cela a lieu dans le cas du graphite artificiel; 3° enfin, des pores à travers lesquels les gaz ne peuvent pénétrer ni par transpiration capillaire ni par diffusion, mais seulement à la suite d'une absorption suivie de liquéfaction, comme cela a lieu dans le cas de certains métaux, et peut-être aussi à travers les pores les plus fins du graphite.

L'espace nous manque pour reproduire en détail les expériences de M. Graham sur l'occlusion des gaz par d'autres métaux que le platine et le palladium. L'auteur a examiné successivement sous ce rapport le pouvoir absorbant des métaux suivants : cuivre, or, argent et fer. Nous nous bornerons pour chacun aux faits principaux.

1° *Cuivre.* — 50 grammes de cuivre, réduit par l'hydrogène et traité comme précédemment, c'est-à-dire, chauffé au rouge et refroidi ensuite lentement dans une atmosphère d'hydrogène, puis soumis à l'action de la pompe de Sprengel à la température de la chaleur rouge, a fourni dans une heure 3,35 Cc. d'hydrogène. Il en résulte qu'un volume de cuivre réduit par l'hydrogène est capable d'absorber et de retenir 0,6 volume de ce gaz. La même quantité de fil de cuivre forgé ne retient que les 0,306 de son volume du même gaz, accompagné d'une petite quantité d'oxyde de carbone provenant, sans doute, de quantités minimes de carbone et d'oxygène renfermées dans le cuivre forgé.

2° *Or.* — 93,3 grammes de cornets d'or fin, du volume de 4,83 Cc., provenant d'essais faits quelques mois auparavant, ont été soumis sans autre traitement au vide de Sprengel à la chaleur rouge. L'or a abandonné dans une heure 10,25 Cc. de gaz, soit pour un volume de cornets d'or 2,12 volumes de gaz, composés de :

6,70	Cc.	d'oxyde de carbone.
1,50	»	d'acide carbonique.
1,58	»	d'hydrogène.
0,44	»	d'azote.
0,03	»	perte.
10,25		

Le même volume de cornets d'or, savoir : 4,83 Cc., chauffé de nouveau dans de l'oxyde de carbone, a abandonné à la pompe de Sprengel 1,6 Cc. de gaz, composé de 1,4 oxyde de carbone et 0,2 acide carbonique. Chauffé dans l'hydrogène, ce même or a abandonné dans une heure 2,7 Cc. de gaz, renfermant 2,34 hydrogène et 0,36 azote, ce qui correspond à une occlusion par l'or de 0,48 fois son volume d'hydrogène.

Les mêmes cornets d'or chauffés au rouge dans de l'air atmosphérique, puis refroidis lentement dans ce même gaz, ont fourni dans le vide 0,95 Cc. de gaz, renfermant sur 100 parties :

Azote.	86,3
Acide carbonique . . .	8,4
Oxygène	5,3

On voit que, dans ce cas, la presque totalité du gaz retenu était de l'azote ; il ne s'y trouvait presque pas d'oxygène. L'or présente sous ce rapport un contraste singulier avec l'argent qui, comme on va le voir, retient l'oxygène en quantité notable.

3° *Argent.* — De l'argent fin pesant 108,8 grammes et du volume de 10,37 Cc., chauffé seul dans le tube de porcelaine et traité comme précédemment, a abandonné dans le vide de Sprengel 3,0 Cc. de gaz en une heure, dont 2,4 Cc. de l'acide carbonique et 0,6 de l'oxyde de carbone. Du fil d'argent paraît ainsi retenir à l'état nor-

mal 0,289 fois son volume de gaz, principalement de l'acide carbonique. L'auteur a cependant quelque raison de croire que le gaz en question pourrait bien être de l'oxygène, converti en acide carbonique au moment où il se dégage, par suite de sa combinaison avec une trace de carbone resté dans l'argent.

La même quantité de fil d'argent chargé d'hydrogène à la chaleur rouge et refroidi lentement dans ce gaz, a abandonné dans le vide 2,5 Cc. de gaz en une heure, dont 2,2 Cc. était de l'hydrogène. Il avait donc absorbé et retenu 0,211 fois son volume d'hydrogène. L'argent avait acquis un très-bel aspect, sa surface paraissait comme recouverte de givre (frosty). En continuant à le chauffer, il prenait une apparence cristalline et devenait cassant.

Ce même fil d'argent chargé d'oxygène a dégagé dans le vide en une heure 7,8 Cc. de gaz composé de 7,6 Cc. d'oxygène et 0,2 azote. L'auteur en conclut qu'un volume de fil d'argent jouit de la propriété de retenir à l'état d'occlusion 0,745 fois son volume d'oxygène. Ce gaz, de même que l'hydrogène dans le cas du platine, reste fixé dans l'argent à toute température au-dessous du rouge mat. Sa présence n'a d'ailleurs produit aucune apparence d'oxydation, ni rien enlevé au lustre métallique de l'argent.

Un échantillon d'argent sous la forme d'éponge, préparé par la réduction de l'oxyde, et que l'auteur regardait comme de l'argent pur sans pourtant l'avoir analysé, a retenu par occlusion, dans trois expériences successives, 6,15, 8,05 et 7,47 fois son volume d'oxygène. Se pourrait-il que l'affinité de l'argent pour l'oxygène ait été augmentée dans ce cas par la présence d'une trace à peine sensible de quelque métal positif, tel que le cuivre ?

Le même échantillon d'éponge d'argent, soumis à plusieurs essais successifs, a absorbé et retenu en moyenne :

0,922	fois son volume		d'hydrogène.
0,585	»	»	d'acide carbonique.
0,156	»	»	d'oxyde de carbone.

D'où il résulte que non-seulement l'oxygène, mais aussi l'hydrogène et l'acide carbonique sont absorbés en plus grande quantité par de l'argent sous la forme d'éponge, que par ce même métal en fil. L'argent paraît se comporter, sous ce rapport, à l'égard de l'oxygène de la même manière que le platine et le palladium à l'égard de l'hydrogène.

4° *Du fer*. — MM. Deville et Troost ont démontré, dans le mémoire cité précédemment, que le fer se laissait pénétrer, comme le platine, par le gaz hydrogène. Dans une de leurs expériences, de l'oxyde de carbone, provenant d'une source douteuse, s'est aussi frayé un passage à travers le tube de fer qu'ils employaient, au moment où la température était la plus élevée[1].

Du fer forgé, sous la forme de fil mince et du volume de 5,9 Cc., après lavage à la potasse caustique, a été chauffé au rouge dans un tube de porcelaine privé d'air, dans le but d'éliminer les gaz qui pouvaient se trouver dans ce métal à l'état normal. 46 grammes de fil de fer, chauffés de la sorte dans un fourneau ouvert, ont abandonné dans deux heures 46,85 Cc. de gaz, ce qui correspond pour un volume de fer à 7,94 volumes de gaz, dont les $^2/_3$ se sont trouvés être de l'oxyde de carbone. Encore le métal ne paraissait-il pas être complétement débarrassé des gaz renfermés dans sa substance à l'état

[1] *Comptes rendus*, vol. 59, p. 102 (1864).

normal. Dans une expérience subséquente, et lorsque le dégagement de ces gaz avait été poussé aussi loin que possible, un volume de fil de fer mince a fourni dans sept heures jusqu'à 12,55 fois son volume de gaz. L'auteur admet cependant qu'il est possible que le fer renferme à l'état normal de très-petites quantités de carbone et d'oxygène combinés chimiquement avec lui, et partant, que le gaz dégagé peut être dû, au moins en partie, à une réaction de ces deux éléments l'un sur l'autre. Peut-être est-ce aussi à cette cause qu'est due le dégagement d'oxyde de carbone observé par MM. Deville et Troost [1].

Pour déterminer le degré d'absorption de l'hydrogène, le fil de fer de l'expérience précédente, débarrassé de tout gaz étranger, a été d'abord chauffé au rouge dans de l'hydrogène, puis refroidi lentement dans ce même gaz. Après avoir été exposé pendant quelque temps à l'air pour le débarrasser de l'hydrogène qui aurait pu lui être resté adhérent, il a été mis en communication avec la pompe de Sprengel à la chaleur rouge mat. Le résultat obtenu peut se résumer comme suit : « un volume de fil de fer « absorbe et retient par occlusion 0,46 fois son volume « d'hydrogène. » Le métal devient blanchâtre et semblable à du fer galvanisé.

Dans une expérience subséquente, le même échantillon de fil de fer, débarrassé de tout gaz étranger et chargé, comme précédemment, de gaz oxyde de carbone, n'a point changé d'aspect, ni subi de modification quant à sa solubilité dans les acides. Seulement il est resté à l'état mou

[1] Les gaz qui s'échappent de la fonte à l'état de fusion ont été examiné par M. Cailletet. Ils paraissent composés de 49 à 58 p^r cent d'oxyde de carbone, 34 à 39 d'hydrogène et 8 à 12 d'azote. (*Comptes rendus;* vol. 61, p. 850 (1865).

et incapable de se durcir par un refroidissement subit après avoir été chauffé au rouge. Mis en communication avec la pompe de Sprengel, le métal n'a pas dégagé moins de 4,15 fois son volume d'oxyde de carbone. *Le fer pur est donc capable d'absorber à la chaleur rouge, et de retenir à froid à l'état d'occlusion 4,15 fois son volume d'oxyde de carbone.*

Cette propriété du fer, qui a été confirmée par un grand nombre d'expériences, explique en partie, sinon complétement, la grande quantité d'oxyde de carbone qui se dégage en chauffant au rouge du fer à l'état naturel. Il est probable que le fer forgé absorbe pendant sa préparation, et retient à l'état d'occlusion de six à huit fois son volume d'oxyde de carbone. Reste à déterminer de quelle manière les qualités du fer sont affectées par la présence de ce gaz, retenu dans le métal d'une façon si singulière, mais toujours prêt à reparaître sous la forme de fluide élastique à la température de la chaleur rouge. Cette occlusion de l'oxyde de carbone par le fer à la température du rouge sombre, et sa diffusion dans la masse du métal, paraît constituer la condition indispensable du procédé de l'aciérage. L'absorption du gaz ayant lieu à la chaleur du rouge sombre, tandis qu'une température beaucoup plus élevée est requise pour sa décomposition et la fixation du carbone, on peut se demander, avec M. Graham, si une alternance méthodique dans le degré de chauffage du métal ne serait pas de nature à favoriser l'opération, et peut-être à en abréger la durée.

W. M.

NOUVELLES FIGURES ACOUSTIQUES

ET

APPLICATION A LA MESURE DE LA VITESSE DU SON

DANS LES CORPS SOLIDES ET LES GAZ

PAR

M. Auguste KUNDT

Mémoire présenté à l'Académie des Sciences de Berlin, en mai 1865, par M. G. Magnus [1].

Les figures acoustiques au moyen desquelles Chladni a mis en évidence les mouvements des solides en vibration ont conduit depuis à la découverte de faits importants pour la théorie du son. Ce même procédé, rejeté depuis peu au second plan par l'invention de nouvelles méthodes, telles que l'étude optique et graphique des sons, n'en conserve pas moins ses avantages pour l'étude des corps vibrants, et a même amené à des résultats que la théorie a été jusqu'ici impuissante à expliquer.

Pour toutes les figures acoustiques observées sur des plaques, des cloches et des tiges, ce sont toujours des secousses transversales du corps solide vibrant qui poussent le sable sur les lignes nodales. Les lignes nodales mêmes, et les spirales alternantes que *Savart* a découvertes sur des tiges vibrant longitudinalement, proviennent, comme *Seebeck* l'a démontré, de vibrations secondaires transversales de la tige. Plus tard, on reconnut aussi que, dans certaines circonstances, il pouvait se former des figures

[1] *Poggend. Annalen*, CXXVII, p. 497.

acoustiques sur des plaques par le fait seulement de petits courants d'air et sans qu'il se produisît de vibrations transversales. M. *Faraday* montra en effet que l'espèce particulière de figures acoustiques obtenues par *Savart* sur des plaques vibrantes provient de tourbillonnements et de courants d'air allant des points en repos vers les centres de vibration. Ces figures néanmoins ne sont pas, à proprement parler, des figures acoustiques, puisqu'elles ne sont pas produites directement par l'air en vibration, mais plutôt par des courants continus provenant eux-mêmes des oscillations de la plaque. Quant au mouvement d'une colonne d'air dans l'intérieur d'un tuyau sonore, il n'a pas donné jusqu'ici de figures acoustiques[1]. Je me suis souvent convaincu moi-même qu'il n'est pas possible d'obtenir une distribution régulière de lycopode, soit dans des tuyaux ordinaires fermés ou ouverts, courts ou longs, soit même dans de petits tuyaux se prolongeant en un long tube de verre qui permette d'obtenir toute une série de sons. On peut, il est vrai, dans un tuyau sonore, reconnaître les points de repos ou de plus grand mouvement en promenant dans le tuyau une membrane élastique portant du sable. Mais dans ce cas, ce n'est pas l'action directe de l'air qui fait ressauter le sable, mais les vibrations transversales de la membrane mise d'abord en mouvement par l'air.

Il semble donc que, dans les circonstances ordinaires, une masse d'air en vibration, par exemple dans l'intérieur d'un tuyau d'orgue ou d'un tuyau à anche, n'est pas capable de remuer des poussières fines, ou du moins de les accumuler aux nœuds sous une forme régulière. Néanmoins, en adoptant un procédé particulier pour mettre en vibra-

[1] Voir la note à la fin de l'article.

tion une colonne d'air, j'ai réussi non-seulement à lui faire mettre en mouvement du lycopode répandu dans son intérieur, mais encore à lui faire produire toute une série de lignes assez bien déterminées pour donner une image exacte des ondes sonores et des moindres mouvements de l'air. Les figures de lycopode ainsi produites dans une masse d'air en vibration sont de formes assez variables suivant les circonstances, mais rentrent toujours dans le même type général. Dans la suite, nous nous bornerons à exposer les formes principales et leurs différentes propriétés, car une connaissance complète de toutes ces nuances ne peut être acquise que par la vue des expériences qui vont être décrites.

Les nouvelles figures acoustiques présentent néanmoins de l'intérêt à un autre point de vue que celui de la possibilité de leur production et de leur mode de formation ; indépendamment des services qu'elles peuvent rendre dans l'étude de quelques phénomènes spéciaux, elles prennent une plus grande valeur par la parfaite régularité qui les rend propres à des mesures exactes, et par la possibilité d'en déduire la longueur d'une onde sonore dans l'air. De plus, comme on peut remplacer l'air dans l'interieur du tube par un corps gazeux quelconque, ces figures acoustiques, comme on le verra plus loin, donnent un moyen très-simple de mesurer la vitesse du son dans les gaz et les vapeurs. Je n'ai pas pu faire des applications générales et bien précises de cette méthode ; le but de ce mémoire est surtout de décrire la nature et le mode de production des nouvelles figures acoustiques, et de montrer avec quelle généralité et avec quelle exactitude on peut les employer dans diverses recherches.

Expérience. Si après avoir introduit un peu de lycopode

dans un tube de verre de 4 pieds environ de longueur et de $^{3}/_{4}$ pouce de diamètre, et l'avoir agité dans ce tube jusqu'à ce qu'il y soit uniformément réparti et qu'il demeure attaché à ses parois, on fait vibrer le tube transversalement, la poussière s'assemble en spirale sur sa partie inférieure suivant les lignes nodales de *Savart*. Mais si, au contraire, après cette distribution régulière du lycopode, on ferme hermétiquement avec un bouchon chacune des extrémités du tube, et qu'ensuite on le fasse vibrer après l'avoir fixé par encastrement en deux ou trois points de sa longueur, la poussière ne s'accumule plus vers ces points fixes, mais se dispose d'une façon particulière sur la partie inférieure du tube. La figure 1 représente les nouvelles figures acoustiques ainsi obtenues : elles se composent d'amoncellements réguliers se succédant périodiquement tout le long du tube, et subdivisés eux-mêmes en petites raies ou en petites tranches perpendiculaires à l'axe du tube. Si après cela on met de nouveau le tube en vibration, la poussière ressaute dans son intérieur, et au moment où le son expire, se dispose exactement comme la première fois. Les grands amoncellements de poussière reprennent une forme identique à celle qu'ils avaient d'abord : quant aux petites raies transversales, elles ne seront pas absolument les mêmes, mais se retrouveront également disposées. Si l'on fait passer très-rapidement sur le tube le morceau de drap avec lequel on le met en vibration, et qu'on arrête subitement ce frottement, la figure acoustique subit une plus grande transformation : les grands amoncellements de poussière restent, mais les petites raies disparaissent. Enfin si l'on frotte le tube d'une façon continue, les figures acoustiques s'évanouissent peu à peu, et la poussière se transporte sur le

fond du tube aux nœuds des spirales de *Savart*. Cependant, si l'on frotte le tube doucement et avec précaution après la répartition régulière de la poussière sur ses parois, les figures acoustiques se forment avec une plus grande netteté que dans la figure 1. La figure 2 indique la disposition de la poussière dans ce cas : l'on voit qu'elle se compose d'amoncellements réguliers entre lesquels se trouvent des espaces circulaires vides, entourés seulement d'un mince anneau de poussière.

Avant d'étudier plus en détail la forme de ces figures, il importe d'axaminer les causes qui président à leur formation. Comme nous l'avons déjà dit plus haut, elles sont produites par les mouvements vibratoires de l'air enfermé dans le tube.

Le fait que ces figures proviennent des mouvements de l'air et non de vibrations longitudinales ou transversales du tube, ressort avec évidence : 1° de ce que leur formation n'a pas lieu quand le tube est ouvert à ses deux extrémités ; 2° de ce que le nombre des amoncellements de poussière change, comme on le verra plus loin, quand à la place de l'air on met un autre gaz quelconque ; 3° de ce que dans un tube vide il ne se forme jamais que les lignes de *Savart*.

Du reste, il est facile de comprendre que les oscillations de l'air dans un tube fermé puissent être assez régulières pour disposer la poussière en figures aussi bien déterminées. On sait, en effet, que des tiges vibrant longitudinalement rendent des sons extrêmement forts, et font naître dans l'air un mouvement vibratoire très-énergique. Or, comme je m'en suis assuré, ce mouvement provient presque uniquement du choc des extrémités libres de la tige contre l'air, et point, comme on serait

tenté de le croire, du frottement exercé sur l'air par les parois latérales du tube, ou des oscillations transversales qui accompagnent presque toujours les oscillations longitudinales. Autant du moins que je puis conclure de mes recherches sur ce sujet, il ne se produit aucun mouvement d'oscillation de l'air le long d'une tige vibrant longitudinalement, ce qui prouve que l'origine du son est bien avant tout aux extrémités de la tige.

Cela étant, on ne peut pas admettre davantage que, dans les tubes fermés, l'air soit mis en mouvement par le frottement des parois du tube ou par les vibrations transversales secondaires de ce même tube, d'où il suit que les mouvements vibratoires qui se produisent dans l'air de l'intérieur du tube ne peuvent prendre naissance qu'à ses extrémités. Si l'on a un tube fermé à ses deux extrémités par une surface plane telle qu'un bouchon de liége, par exemple, qu'on le tienne par le milieu et qu'on le frotte à un bout, ses deux extrémités libres s'allongent et se raccourcissent simultanément, et il est clair que la masse d'air emprisonnée est alternativement dilatée et comprimée à chaque vibration du tube. Ainsi donc, autant il y a de vibrations du tube, autant il y a de chocs imprimés à chacune des deux extrémités de la colonne d'air. De sorte que celle-ci rendra exactement le même son que le tube. Mais comme la vitesse de propagation du son est beaucoup plus grande dans le verre que dans l'air, il s'ensuit pour le verre une longueur d'onde beaucoup plus considérable que pour l'air, car pour des vibrations longitudinales, les longueurs d'onde correspondant au même son dans deux corps différents, sont proportionnelles aux vitesses de propagation dans ces mêmes corps.

Dans le verre, le son se propage presque seize fois plus vite que dans l'air. Or, ce nombre est précisément égal à celui des amoncellements de poussière qui se forment dans un tube de verre vibrant longitudinalement en étant fixé en son milieu. La longueur totale de ce tube représente alors une demi-longueur d'onde du verre, d'où l'on peut conclure que chaque amoncellement de poussière mesure une demi-longueur d'onde dans l'air [1].

Il sera donné plus loin une preuve directe du fait que les mouvements vibratoires de l'intérieur du tube sont bien en réalité produits par les chocs de ses extrémités fermées ; mais on peut aussi se convaincre facilement de l'exactitude de cette assertion par l'expérience suivante :

Après avoir fixé un tube au quart de sa longueur à partir d'une de ses extrémités libres, on le frotte en son milieu, il se produit alors deux nœuds, l'un au point fixe et l'autre symétriquement au quart de la longueur à partir de l'autre extrémité. Si le tube est fermé aux deux bouts, on obtient les figures acoustiques décrites ci-dessus, mais en nombre différent. De plus, si l'on amène les deux bouchons aux deux nœuds, au lieu de les maintenir aux extrémités, on a toujours une colonne d'air emprisonnée, laquelle cependant ne produit aucune figure acoustique, quand on fait rendre un son au tube, et cela évidemment parce que les bouchons placés aux nœuds, et par cela même immobiles, ne donnent plus à l'air intérieur aucune impulsion.

[1] Dans la suite on prendra toujours pour une longueur d'onde la somme de la contraction et de la dilatation; par conséquent l'intervalle de deux nœuds de vibration pour une demi-longueur d'onde. Il suit naturellement de là que les amoncellements de poussière mesurent les demi-longueurs d'onde et non les longueurs entières.

Enfin les figures se reforment immédiatement dans la colonne d'air emprisonnée, si, laissant un des bouchons sur un nœud, on amène l'autre sur un ventre de vibration, parce que le bouchon placé sur le ventre participe au mouvement de va-et-vient des particules de verre avoisinantes, et imprime par ce fait des chocs à l'air emprisonné. En général, les figures acoustiques se forment toutes les fois que les deux bouchons ou au moins l'un d'entre eux se trouvent en des points où il y a mouvement de va-et-vient des particules du tube; au contraire, elles ne se forment jamais quand les bouchons sont sur les nœuds où il y a compression ou dilatation des particules des verres, mais point de mouvement.

J'ajouterai qu'il n'est pas absolument nécessaire que le tube soit fermé aux deux bouts: il suffit amplement d'une seule paroi solide située à l'une de ses extrémités ou en un point quelconque de l'espace compris entre deux nœuds. L'air frappé par cette paroi entre en vibration, comme la colonne d'air d'un tuyau sonore ouvert qui se met à vibrer parce qu'elle est mise en mouvement à une de ses extrémités. Il vaut mieux cependant fermer le tube à ses extrémités, parce qu'alors les oscillations de l'air acquièrent une beaucoup plus grande intensité. Du moins, les figures acoustiques se dessinent avec beaucoup plus de netteté et de régularité: rigoureusement, il ne devrait y avoir production d'ondes sonores énergiques et régulières dans un tube fermé aux deux bouts et vibrant longitudinalement, que dans le cas où la longueur d'onde correspondante au son rendu par le tube est une partie aliquote de la longueur totale du tube. Néanmoins, les figures acoustiques se produisent dans tout tube fermé aux deux bouts, sans qu'il remplisse en

général cette condition, mais leur forme dépend du rapport existant entre la longueur du tube et la longueur d'onde du son qui lui est propre. Nous verrons plus loin de quelle façon ce rapport influe sur la formation des figures acoustiques; pour le moment, nous nous bornons à énoncer ce fait que les mouvements vibratoires dans un tube fermé aux deux bouts sont plus réguliers et plus intenses, quand la longueur du tube est un multiple de la longueur d'onde correspondante, que dans le cas contraire. Aussi la forme des figures acoustiques, laquelle dépend nécessairement de la régularité des mouvements vibratoires tout aussi bien que de leur intensité, change-t-elle avec le rapport existant entre la longueur du tube et la longueur d'onde dans l'air.

Les figures acoustiques présentent toujours une forme un peu différente suivant les circonstances; les deux principales d'entre ces formes sont données par les figures 1 et 2. La figure 2 surtout se distingue par les espaces vides compris entre deux amas de poussière consécutifs. Ces *vides* désignent les nœuds de vibration de la colonne d'air, comme nous le reconnaîtrons plus loin au moyen d'un autre appareil. Je ne puis pas encore attribuer une cause parfaitement déterminée à la production de ces vides: je me suis assuré seulement qu'ils ne sont pas complétement indépendants des vibrations du tube. Aux nœuds des vibrations longitudinales ils sont sensiblement plus grands que dans l'espace compris entre deux nœuds ou aux extrémités libres du tube, ce qui tient peut-être au fait qu'entre deux nœuds le lycopode est plus fortement remué par les parois du tube, partant plus facilement distribué par l'air en vibration qu'aux nœuds

où le mouvement réel des particules de verre est très-faible. Il est difficile d'obtenir, sans un peu de pratique, la figure nette sur toute la longueur du tube avec des vides parfaitement circulaires aux nœuds de vibration de l'air. Le résultat dépend beaucoup de la substance avec laquelle on frotte le tube, et de la manière dont on tient la main dans cette opération. Je me sers ordinairement à cet effet d'un morceau d'étoffe de laine assez épais, complétement imprégné d'eau ; on peut employer avec les mêmes avantages un tricot de laine. Pour mettre le tube en vibration, on peut le tenir horizontalement soit en son milieu, soit au quart de sa longueur, avec la main gauche appuyée contre une table ; ou bien l'encastrer dans une pince comme celle qui est représentée à la figure 5. La poussière de beaucoup la meilleure à employer est le lycopode, car le sable et d'autres poussières plus lourdes ne peuvent pas être mises en mouvement par les vibrations de l'air; en tous cas, si l'on n'emploie pas du lycopode, ce doit être une poudre au moins aussi fine et aussi légère.

Si la forme des figures acoustiques peut varier avec les circonstances, il n'en est pas de même du nombre des ondes qui les composent ; celui-ci demeure toujours constant dans un même tube, ou du moins varie au plus d'une petite fraction de longueur d'onde. Le rapport des vitesses du son dans l'air et dans le verre influe seul sur ce nombre, la longueur et la section du tube sont parfaitement indifférentes. Dans un tube qui vibre avec un nœud en son milieu, le nombre des ondulations de la figure acoustique, savoir des demi-longueurs d'onde dans l'air, est toujours égal à 16, et cela quelles que soient la longueur et la section de ce tube. J'ai employé des

tubes de six pieds de longueur et trois pouces de section intérieure, ainsi que des tubes d'un pied de longueur et une ligne de section. Quand on fait vibrer le tube avec deux nœuds, on obtient 32 demi-ondulations dans toute la longueur de la colonne d'air; avec trois nœuds on en obtient 48.

Or, dans le premier cas, avec un seul nœud le tube représente une demi-longueur d'onde; dans le second, il est égal à une longueur d'onde entière, et rend un son d'une octave plus haut que dans le premier cas; enfin, dans le troisième, le tube représente trois demi-longueurs d'onde, et le son qu'il rend est monté encore d'une quinte. De même que les longueurs d'onde dans le verre, les longueurs d'onde correspondantes dans l'air doivent diminuer dans le rapport de 3 : 2 : 1 ; ou bien, ce qui revient au même, leur nombre dans l'unité de longueur doit augmenter dans le rapport de 1 : 2 : 3, soit de 16 : 32 : 48. Il est donc indifférent, dans l'estimation du rapport des vitesses du son dans le verre et dans l'air, de faire vibrer le tube avec un, deux ou trois nœuds; dans tous les cas on aura 16 demi-ondulations de l'air dans une demi-longueur d'onde du verre. Les figures acoustiques ainsi obtenues dans l'intérieur d'un tube peuvent servir à deux espèces de mesures différentes. Il est clair tout d'abord que l'on peut facilement par leur intermédiaire estimer la hauteur du son rendu par un tube vibrant longitudinalement et fermé au moins à une de ses extrémités. Pour cela, on forme dans son intérieur les figures de lycopode, et on mesure soigneusement sur celles-ci la longueur d'une ondulation en prenant une moyenne; de plus comme on connaît avec une exactitude suffisante la vitesse du son dans l'air à chaque tempéra-

ture, on déduit de la longueur d'ondulation le nombre des vibrations de la colonne d'air. Mais ce nombre est le même que celui des vibrations du tube, qui se trouve ainsi déterminé.

Il est évident que ce n'est pas uniquement à la mesure de la vitesse relative du son dans le verre et dans l'air que se borne l'application des figures acoustiques, mais que, si l'on remplace l'air par un gaz quelconque dans le tube, on pourra tout aussi bien, avec leur aide, mesurer la vitesse du son dans ce gaz. Si le tube de verre fermé aux deux bouts est rempli d'un gaz quelconque autre que de l'air, ce ne seront plus seize ondulations dans l'intérieur du tube qui correspondront à une seule de ce tube, mais un autre nombre quelconque qui sera déterminé par le rapport des vitesses du son dans le verre et dans le gaz. Il est clair que le nombre des ondulations produites dans des tubes remplis de différents gaz doit être inversément proportionnel à la vitesse de transmission du son dans ces gaz ; car les longueurs d'ondulation sont proportionnelles aux vitesses du son.

Ainsi, en prenant pour unité la vitesse de propagation dans l'air, on pourra exprimer dans cette unité la vitesse de propagation des autres gaz.

On peut très-facilement remplir un tube d'un gaz quelconque à expérimenter, et ensuite, par le nombre des ondulations qui se seront produites dans son intérieur, trouver la vitesse du son dans ce gaz. Pour la démonstration, en particulier, il sera commode de remplir une fois pour toutes plusieurs tubes de gaz différents, de façon à pouvoir à un moment donné montrer la vitesse du son dans ces différents gaz. Dans ce cas, on n'a absolument pas à s'inquiéter de la grandeur des tubes ; et ceux-ci,

quoique de grandeurs différentes et remplis de gaz différents, donnent des résultats comparables, par le fait que le nombre des ondulations, seule donnée dont on ait besoin, ne dépend pas des dimensions du tube. Je me suis d'abord construit de semblables tubes acoustiques en chassant l'air d'un tube ordinaire au moyen d'un gaz quelconque bien desséché, puis en fermant hermétiquement les deux extrémités avec des bouchons enduits de cire. Plus tard, ayant reconnu qu'il n'était pas nécessaire que les surfaces terminales fussent planes, j'adoptai pour mes tubes des fermetures à la lampe.

Une grandeur à la fois convenable et commode pour de semblables tubes acoustiques est environ 1 mètre de longueur et 1 ou 1 $^1/_2$ centimètres de section.

Pour la démonstration des différentes vitesses de propagation du son, on emploie avec avantage une série de tubes remplis d'air, d'acide carbonique, de gaz d'éclairage et d'hydrogène. En faisant vibrer ces tubes avec deux nœuds, on obtiendra :

Air	32	ondulations.
Acide carbonique . .	40	»
Gaz d'éclairage . . .	20	»
Hydrogène	9	»

d'où l'on déduit pour les vitesses du son dans les autres gaz rapportées à celles dans l'air :

Acide carbonique . . $= \frac{32}{40} = 0{,}8$

Gaz d'éclairage. . . . $= \frac{32}{20} = 1{,}6$

Hydrogène. . . . . . $= \frac{32}{9} = 3{,}56$ [1]

Dulong a trouvé pour l'acide carbonique 0,79 et pour l'hydrogène 3,8.

[1] Les figures acoustiques se forment souvent très-difficilement dans un tube rempli d'hydrogène, il sera bon pour cela de chauffer le tube avec précaution avant de le mettre en vibration.

On voit par là que le nouveau procédé conduit, par une voie très-simple et rapide, à des chiffres fort rapprochés de ceux que Dulong a obtenus par de pénibles recherches, et qu'il fournit en outre une preuve nouvelle et immédiate de l'exactitude de ces résultats numériques.

Au lieu de remplir ces tubes de gaz, on peut y introduire aussi bien des vapeurs quelconques. Je me suis borné jusqu'ici à l'éther, et j'ai reconnu qu'un tube rempli de vapeurs d'éther à la température ordinaire, vibrant avec deux nœuds, présente dans son intérieur plus de 50 ondulations, et qu'il suffit de saturer l'air d'un tube de vapeur d'éther pour obtenir dans cet air non plus 32, mais presque 40 ondulations.

Les nouvelles figures acoustiques, telles qu'elles ont été produites jusqu'ici dans l'intérieur des tubes en vibration, ne peuvent pas néanmoins servir à des mesures bien précises de la vitesse du son dans les gaz et les vapeurs, et cela pour divers motifs. Afin d'obtenir l'exactitude nécessaire, j'ai employé une méthode un peu différente dans le mode de production de ces figures, et par là j'ai obtenu encore d'autres avantages sur la méthode précédente.

Puisque l'air de l'intérieur d'un tube est mis en vibration par le seul fait du choc des extrémités fermées, il était naturel de faire frapper celles-ci par leur face extérieure non plus contre l'air libre, mais contre une autre colonne d'air emprisonnée dans un second tube, de façon à produire les ondulations de l'air dans un tube ne vibrant pas lui-même. Or, cette condition peut facilement se réaliser de la manière suivante : un tube AA′ (fig. 6) porte en son milieu un bouchon KK′, dans lequel il entre exactement ; ce bouchon ferme de son côté exactement un second tube de verre plus grand BB′, dans lequel entre le premier.

Celui-ci est fermé par un bouchon *a*, dont la forme est indiquée dans la figure et dont le bord le plus large occupe à peu près la section entière du plus grand tube, de façon à y glisser à frottement doux. Le tube BB′ est fermé hermétiquement à son extrémité B par un bouchon *b*, dans lequel est fixé une tige de verre ou de métal qui sert à le déplacer dans l'intérieur du tube. Cela étant, si l'on tient l'appareil avec la main en KK′ et que l'on frotte l'extrémité KA′ du tube intérieur, le bouchon *a*, qui est à son autre extrémité, transmettra pendant la durée du son à la colonne d'air comprise entre *a* et *b* les chocs qu'il reçoit lui-même, et la mettra par là en vibration. Si donc il y a du lycopode dans ce dernier tube, les ondulations de l'air qui s'y trouve le disposeront en figures régulières, comme il a été vu plus haut. Cette méthode a divers avantages sur l'emploi d'un seul tube fermé aux deux bouts : 1° Les figures acoustiques se produisent dans un tube qui ne vibre pas lui-même, de telle sorte que leur régularité n'est pas troublée par les oscillations du verre ; 2° l'on a la possibilité de changer au moyen du bouchon mobile *b* la longueur de la colonne d'air mise en vibration, tandis que le tube auquel on fait rendre le son demeure identiquement le même ; 3° enfin, il n'est point nécessaire dans cette nouvelle disposition de prendre comme source du son un tube de verre ; on peut au contraire, à la place du tube AA′, disposer une tige pleine quelconque, susceptible seulement de vibrer longitudinalement. En donnant maintenant différentes positions au bouchon *b*, on peut facilement étudier l'influence qu'exerce sur la forme des figures acoustiques le rapport de la colonne d'air entière à la longueur des ondes qui naissent dans son intérieur. Nous verrons dans la suite que

cette forme varie beaucoup, suivant que la longueur d'onde est une partie aliquote de la longueur de la colonne d'air ou non.

De plus, par le fait que l'on peut remplacer le tube AA′ par une tige d'une substance quelconque, l'appareil est propre non plus seulement, comme les tubes fermés aux deux bouts, à donner la mesure de la vitesse du son dans les gaz, mais encore, et cela avec une grande commodité, à déterminer la vitesse du son dans tous les corps solides susceptibles de vibrer longitudinalement. Si l'on adopte successivement à la place du tube AA′ une tige de métal, de bois ou d'autres substances, que par son intermédiaire l'on produise les figures acoustiques dans le tube BB′, et que l'on mesure la longueur de la tige vibrante et celle des ondulations produites dans le tube, on aura immédiatement par le quotient de ces deux longueurs la vitesse du son de chaque corps solide rapportée à la vitesse dans l'air prise comme unité. Il n'est pas nécessaire ici que le tube de verre dans lequel se produisent les figures acoustiques soit fixé au tube vibrant en son milieu ou en un autre de ses nœuds de vibration. Il suffit qu'un des bouts d'un tube vibrant plonge d'un ou de quelques centimètres dans un autre tube un peu plus large fermé à son autre extrémité, pour produire immédiatement dans ce dernier les ondulations de lycopode.

Avant de passer à la détermination de la vitesse de propagation du son dans quelques corps solides, il est nécessaire d'étudier de plus près les figures que l'on obtient dans le nouvel appareil. Tel qu'il est représenté à la figure 6 dans sa forme élémentaire, cet instrument remplit parfaitement son but. Cependant, pour avoir un appareil

plus durable, je fis perfectionner le premier suivant les dispositions données dans la figure 7. Un tube AA', qui a un mètre de longueur et un centimètre environ de section, porte en son milieu un bouchon KK, qui y est solidement adapté et qui ferme exactement un autre tube BB, extérieur. Ce tube porte à son extrémité B un anneau de laiton dans lequel est taillé un pas de vis. Le bouchon et le tube extérieur sont solidement pressés l'un sur l'autre par une calotte *aa*. A l'autre extrémité du tube BB' est fixé un anneau de laiton avec un pas de vis extérieur, sur lequel se visse la calotte *cc*. Au travers de celle-ci glisse une tige de laiton *f*, qui sert à faire mouvoir dans l'intérieur du tube un bouchon en caoutchouc durci qui le ferme exactement. Un bouchon *h*, de même substance, est enfoncé dans l'extrémité A du tube intérieur, de façon à fermer aussi à peu près exactement le tube extérieur. Ces deux bouchons *h* et *g* sont recouverts d'un cuir doux et mince, de façon à ne pas rayer le verre quand on a introduit du sable dans le tube. L'on peut encore faire percer le tube BB aux deux points *m* et *n*, et souder à ces ouvertures deux petits tubes en métal, munis chacun d'un robinet. Cela étant, et le tout tenant bien le vide, on pourra extraire du tube l'air qu'il contient et y introduire à la place un gaz ou une vapeur quelconque. La calotte *dd* ferme suffisamment bien, mais il est nécessaire pour le vide d'entourer d'un tube de caoutchouc l'ouverture par laquelle passe la tige *f* à l'autre extrémité du tube BB [1].

[1] Le mécanicien Reichel, à Berlin (Melchiorstrasse, 20), confectionne de semblables appareils, ainsi que des tubes remplis de différents gaz et fermés à la lampe avec deux bouts, comme il en a été décrits plus haut. Quand l'appareil n'est pas destiné à des recherches,

Maintenant, si l'on introduit dans le tube BB′ un peu de lycopode, qu'on l'y répartisse également en agitant le tube et qu'on mette l'autre tube en vibration, tandis qu'on déplace doucement le piston *f*, on trouvera bientôt une position de ce dernier, pour laquelle le lycopode s'amasse en un certain nombre de points isolés, équidistants sur le fond du tube (voir fig. 3). S'il y a très-peu de lycopode dans le tube et que la position du piston soit exactement celle qui convient, ces points seront très-nets et ne se montreront pas seulement sur le fond du tube, mais s'étendront en anneaux sur ses côtés. Ces petits amas de poussière désignent les nœuds de vibration de l'air intérieur, et l'intervalle qui sépare deux de ces amas consécutifs est égal à une demi-longueur d'ondulation de l'air. Il se trouve toujours un de ces nœuds contre le piston et un autre à l'extrémité du tube vibrant. Ces amas de poussière dans le tube extérieur sont indiqués à la figure 7. Le fait que ces points sont bien les nœuds de vibration de l'air ressort avec évidence de la manière dont la poussière se transporte de part et d'autre sur ces points. D'après cela, il doit nécessairement se former un de ces amas de poussière contre le piston qui ferme le tube à sa partie postérieure, et devant lequel il doit en effet y avoir un nœud. Mais un fait remarquable c'est la production d'un pareil amas et par conséquent d'un nœud de vibration de l'air, à l'autre extrémité de la colonne d'air et au point où elle reçoit les chocs du tube vibrant. L'existence d'un nœud au point même où se produit le son paraît chose impossible. Sans prétendre résoudre cette particularité, je me borne à énoncer le fait, et j'ajoute que,

mais à une simple démonstration des figures acoustiques, les robinets sont inutiles.

s'il ne se produit pas toujours un amas de poussière très-marqué à l'extrémité du tube vibrant, en revanche il se forme chaque fois, à une distance de cette extrémité égale à une demi-longueur d'onde, un amas très-net et très-marqué.

Si ensuite on déplace le piston dans un sens ou dans l'autre d'une quantité égale à la moitié de l'intervalle de deux amas de poussière consécutifs, c'est-à-dire du quart d'une longueur d'ondulation, et que l'on mette l'autre tube de nouveau en vibration, il se forme une figure sensiblement différente de la précédente, et qui rentre dans la forme déjà décrite précédemment et représentée fig. 2. Les amas de poussière sont remplacés par des espaces vides, lesquels, à partir du piston, se trouvent exactement aux mêmes points que les amas dans le cas précédent; elles désignent par conséquent aussi les nœuds de vibration de la colonne d'air intérieure. Puisqu'un pareil vide circulaire se forme devant le piston, où nécessairement il doit se trouver un nœud, il ne peut point y en avoir devant l'extrémité oscillante de l'autre tube, et en effet le vide le plus rapproché en est distant d'une longueur égale à la moitié de l'intervalle de deux vides consécutifs ou au quart de la longueur d'ondulation. Ainsi, dans ce cas, la colonne d'air vibre comme un tuyau d'orgue donnant une de ses notes les plus élevées. Le premier nœud se trouve à un quart de longueur d'onde de la source du son, et le dernier à l'extrémité fermée de la colonne d'air. La différence des figures acoustiques pour ces deux longueurs de la colonne d'air est très-frappante, et quoique par une modification lente de cette longueur, on voie s'effectuer graduellement le passage des vides aux amas de poussière, il est difficile de concevoir

pourquoi dans un des cas la poussière est transportée d'un mouvement énergique sur les nœuds ; tandis que dans l'autre elle tourbillonne sur les ventres de vibration, les nœuds restant au contraire vides et n'étant entourés que d'un mince anneau de poussière.

D'après quelques expériences, que je vais tout de suite rapporter, il semblerait que cette différence dans les figures acoustiques résulte uniquement de l'intensité des ondes sonores dans l'intérieur du tube. Après cela, il reste toujours à expliquer pourquoi l'intensité du mouvement vibratoire est tellement plus grande quand la longueur de la colonne d'air est un multiple de la demi-longueur d'onde, que lorsqu'elle est un multiple du quart de la longueur d'onde. Le fait que l'intensité du mouvement vibratoire de l'air est la cause essentielle de ces modifications, se déduit : 1° de ce que l'on obtient la figure avec les vides quand, avec la longueur de colonne d'air qui produit les amas de poussière, on frotte le tube intérieur très-doucement et délicatement ; 2° de ce que c'est encore la figure des vides qui se forme, quand l'extrémité du tube vibrant ne remplit pas entièrement le tube où doivent se produire les vibrations de l'air, de telle sorte que la colonne d'air intérieure soit frappée par une surface moins étendue et prenne un mouvement vibratoire moins énergique ; 3° enfin, de ce que si l'on remplace le lycopode par le sable qui n'était pas déplacé dans les tubes fermés aux deux bouts, on verra qu'il est facilement mis en mouvement dans le nouvel appareil, mais seulement dans le cas où la longueur de la colonne d'air est un multiple de la demi-longueur d'onde et pas dans celui où elle serait un multiple du quart de la longueur d'onde. Dans les circonstances où le lycopode forme des amas, le sable, plus

lourd, forme la figure avec les vides, et il n'est pas déplacé du tout dans le cas où le lycopode forme la figure avec les vides. Sur les nœuds, le sable n'est pas mis en mouvement; en revanche, sur les ventres, il se dispose en raies transversales très-nettement accusées, comme elles sont représentées à la figure 4. Là où le sable est en couche plus épaisse, ces raies sont plus larges et plus distantes les unes des autres; là où il a une moindre épaisseur, les tranches sont plus étroites et plus rapprochées. Des poudres plus lourdes, telles que de la limaille de fer et d'autres encore, donnent exactement les mêmes résultats. Ainsi donc, tandis que le mouvement vibratoire de l'air est capable dans les deux cas de mettre en mouvement le lycopode, mais d'une manière différente: il ne peut déplacer les poudres plus grossières que dans les conditions où précédemment il formait des amas de lycopode sur les nœuds de vibration.

Les stries que forme le sable ainsi disposé sont parfaitement régulières, et beaucoup plus accentuées que celles que présentent les figures de lycopode. Je m'abstiendrai ici de tout jugement en ce qui concerne la formation de ces raies, car je n'ai obtenu que des résultats incertains dans les recherches que j'ai tentées jusqu'ici sur cette matière, et je préfère renoncer à toute espèce d'explication plutôt que d'en avancer une que je serais plus tard forcé de retirer.

Je tiens seulement à dire ici que plusieurs personnes que je rendis témoins de mes expériences furent frappées de la ressemblance de ces raies avec les stratifications de la lumière électrique; il est du reste probable que cette ressemblance est tout extérieure, et n'entraîne aucune conformité d'origine pour les deux phénomènes en question.

Outre des substances granuleuses, j'ai cherché à employer des vapeurs foncées et épaisses, pour mettre en évidence les mouvements ondulatoires de l'air. Mais la plupart des expériences que j'ai exécutées dans ce sens ne m'ont donné qu'un résultat peu satisfaisant. Néanmoins, après avoir rempli le tube extérieur d'épaisses vapeurs de chloridrate d'ammoniaque, et avoir mis l'autre tube en vibration, je fus bien surpris de voir qu'à la première apparition du son les vapeurs disparaissaient; le chloridrate d'ammoniaque s'était déposé aux nœuds de vibration sur le fond du tube. Quand le son rendu est très-fort, le brouillard intérieur disparaît presque instantanément.

Après avoir poussé aussi loin que possible l'étude des différentes formes des nouvelles figures acoustiques, je tournai mes efforts vers la question de savoir comment et avec quelle exactitude elles pourraient être employées à des mesures, et principalement à l'évaluation des vitesses de propagation du son. Mes recherches dans ce sens ne se sont étendues encore que sur un champ assez restreint; je désire cependant, pour terminer, communiquer ici quelques expériences qui montrent du moins à quel degré d'exactitude conduit l'emploi des figures acoustiques, même sans grandes précautions.

Pour ce qui est des mesures en général, je dois dire tout d'abord que lorsqu'on a produit des ondulations de lycopode ou de sable dans un tube cylindrique au moyen d'un corps vibrant quelconque, tel par exemple qu'un tube de verre, la longueur d'une ondulation demeure exactement la même, quelle que soit la forme qu'affectent les figures acoustiques. Soit donc que la figure produite soit une succession d'amas de poussière, soit qu'elle présente des vides, elle conduit toujours à la même valeur pour

la demi-longueur d'onde dans l'air. On donnera naturellement la préférence à la figure la plus nette, comme se prêtant plus facilement à la mesure; une figure pourra de la sorte donner une valeur plus exacte de la longueur d'onde qu'une autre, mais toutes deux répondent au fond à la même valeur.

Le mode de production des figures acoustiques variera suivant le but que l'on pourra se proposer. Comme exemple particulier de l'application de la méthode et comme preuve de son exactitude, je vais exposer la manière de déterminer la vitesse du son dans les corps solides.

L'on se procure une tige de la substance quelconque pour laquelle il s'agit d'étudier la vitesse du son, et on la fixe soit en son milieu, soit en deux points situés au quart de sa longueur à partir de ses deux extrémités en la serrant dans un étau. Cette tige horizontale est de plus introduite de quelques centimètres dans un tube de verre d'une longueur au plus égale au double de celle de la tige, bouché à son extrémité, renfermant du lycopode, et maintenu également dans un étau. Cela étant, on fait vibrer la tige par friction (à l'aide d'un morceau de drap humecté pour le verre, et avec un morceau de cuir enduit de colophane pour le bois ou le métal), et l'on produit ainsi les ondulations dont on mesure alors la longueur. La tige n'étant pas reliée au tube par un bouchon ou un autre intermédiaire quelconque qui gênerait ses mouvements vibratoires, comme c'était le cas dans l'instrument décrit plus haut, rend exactement le son qui lui est propre. Le mode d'encastrement influe sur la plus ou moins grande facilité à mettre le tube en vibration, mais nullement sur la hauteur du son. Quand bien même

un tube n'est fixé qu'approximativement en ses nœuds de vibration, il rend toujours exactement le même son, et je me suis convaincu que la nature du son ne dépend en aucune façon de la manière dont le tube est maintenu. Les ondulations étant une fois produites dans l'intérieur du tube, il ne reste plus qu'à connaître leur longueur et celle de la tige vibrante, et l'on aura ensuite, par le rapport de ces deux longueurs, la vitesse du son dans la tige rapportée à la vitesse du son dans l'air à la même température. La longueur de la tige vibrante est toujours mesurée exactement au début de chaque expérience : la longueur d'ondulation s'évalue comme moyenne de toute une série d'ondulations bien déterminées. De plus, pour rendre l'erreur la plus petite possible, il convient de répéter plusieurs fois cette mesure, comme on le verra dans les résultats qui suivent. La mesure elle-même se fait avec un compas ordinaire, dont l'écartement est chaque fois porté sur une échelle. Enfin, dans les expériences qui suivent, il n'a point été tenu compte de la température; dans des recherches parfaitement exactes, cet élément ne pourrait pas être négligé.

1. *Évaluation de la vitesse du son dans le laiton.*

Tige de laiton de $941^{mm},5$ de longueur et 5^{mm} de section. Les figures acoustiques furent produites à trois reprises dans l'intérieur du tube, et chaque fois il fut fait 9 mesures de la longueur d'ondulation. La tige de laiton était fixée en deux points et correspondait, par conséquent, à une longueur d'onde entière.

Première expérience.

Nombre des ondulations successives mesurées ensemble.	Longueurs totales mesurées.	Longueur résultant pour une demi-longueur d'onde.
	mm	mm
10	432,5	43.25
»	432,5	43.25
»	435,0	43,50
9	389,5	43,28
»	390,7	43.41
»	390,0	43,33
8	347,5	43.44
»	345,0	43,13
»	345,0	43,13
	Moyenne	43.30

Deuxième expérience.

	mm	mm
10	433,2	43.32
»	433,5	43,35
»	435,0	43,50
9	389,0	43,22
»	388,5	43.17
»	390,0	43.33
8	346,5	43,31
»	345,9	43,24
»	345,0	43,13
	Moyenne	43.29

Troisième expérience.

	mm	mm
15	651,0	43,40
»	652,0	43,47
»	650,4	43,36
»	649,3	43.29
15 autres	649,6	43,31
»	649,3	43,29
»	653,0	43.53
15 autres	649,0	43.27
»	649,1	43.27
	Moyenne	43.35

D'où l'on déduit pour la vitesse du son dans la tige de laiton :

$$1^{re} \text{ expérience, } v = \frac{941,5}{2.\,43{,}30} = 10,87$$
$$2^{me} \text{ expérience, } v = \frac{941,5}{2.\,43{,}29} = 10,87$$
$$3^{me} \text{ expérience, } v = \frac{941,5}{2.\,43{,}35} = 10,86$$

Les chiffres obtenus dans les trois expériences concordent ainsi parfaitement. Une autre tige de laiton, de dimensions presque égales à la première, fut également soumise à l'expérience ; pour elle une première expérience donna :

$$v = 10,94$$

et une seconde expérience, dans laquelle l'extrémité du tube demeura ouverte,

$$v = 10,90$$

il n'a pas été établi que les deux tiges fussent de même composition.

2. *Acier.*

La détermination fut faite avec trois tiges d'acier cylindriques, dont la première avait $1002^{mm},7$ de longueur et 10^{mm} de section ; la deuxième, $1001^{mm},7$ de longueur et 5^{mm} de section ; la troisième, 501^{mm} de longueur et 5^{mm} de section, et il fut trouvé pour la vitesse du son

dans la 1re, $v = 15,345$
dans la 2me, $v = 15,334$
dans la 3me, $v = 15,343$

L'on voit, par la coïncidence de ces chiffres, que des tiges de longueur et de section différentes d'un même corps conduisent toujours à la même valeur de la vitesse du son dans ce corps. Les trois tiges étaient du même acier.

3. *Verre.*

La vitesse du son dans le verre varie avec les différentes espèces de verre, il ne faut donc attacher d'importance au point de vue de l'exactitude de la méthode qu'aux seules expériences faites avec une même tige de verre.

Trois expériences consécutives exécutées sur une même tige de verre de 647^{mm} de longueur ont donné :

$$v = 15{,}24$$
$$v = 15{,}25$$
$$v = 15{,}24$$

4. *Cuivre.*

Pour un fil de cuivre, qui avait un peu plus d'un pied de longueur, j'ai trouvé :

$$v = 11{,}960$$

pour un fil d'acier j'avais eu :

$$v = 14{,}961$$

Wertheim trouve pour de l'acier fondu :

$$v = 15{,}108$$

et pour le cuivre :

$$v = 11{,}167.$$

Ces chiffres coïncident donc avec ceux que j'ai donnés plus haut, aussi complétement du moins qu'on peut l'exiger en ayant égard aux différences nécessairement existantes entre les substances employées.

Il ressort en tous cas des expériences ci-dessus que l'exactitude de la méthode ne laisse rien à désirer, puisque les déterminations consécutives exécutées sur une

même tige ont donné des résultats aussi concordants. Et cette concordance serait encore plus grande s'il était apporté de plus grandes précautions dans l'exécution des expériences, et surtout s'il était tenu compte des différentes températures auxquelles elles ont été faites.

La détermination de la vitesse du son dans les gaz est encore plus importante que dans les solides. Jusqu'ici je n'ai pas exécuté dans ce sens des expériences bien étendues ; mais il est évident, d'après ce qui précède, que la même méthode est applicable avec avantage aux gaz et aux vapeurs, sans qu'il soit nécessaire d'y rien ajouter. Autant que je puis en juger par mes expériences, la méthode est très-bonne aussi pour les gaz et les vapeurs et devra conduire à des résultats précis. Du reste, pour une détermination approximative il suffit, comme il a été vu plus haut, d'employer un simple tube fermé aux deux bouts et rempli du gaz à étudier. De cette façon, comme nous l'avons vérifié pour l'hydrogène et l'acide carbonique, on obtient des résultats suffisamment concordants avec ceux qui ont été obtenus par *Dulong*. On arrive évidemment à des résultats beaucoup plus exacts au moyen de l'appareil composé. et en introduisant successivement différents gaz dans le tube extérieur. Les valeurs suivantes, trouvées pour la longueur d'une ondulation dans l'air à différentes températures, en seront la preuve :

La température de la colonne d'air étant d'abord 14° C., la longueur d'une ondulation se trouva être de $35^{mm},743$, plus tard à 20° C., la longueur d'onde fut de $36^{mm},570$, une nouvelle mesure à 14° C. redonna $35^{mm},797$, enfin à 30° on obtint une longueur d'onde de $37^{mm},357$. Dans le cas où la tige de verre vibrante fut échauffée, il ne se produisit aucune modification dans la longueur d'ondula-

tion ; ce qui semblerait prouver que la vitesse de propagation du son dans les solides ou du moins dans le verre ne change que très-peu avec la température.

De tout ce qui précède il ressort suffisamment que la nouvelle méthode, à l'aide de laquelle j'ai mis en évidence les ondes sonores, se prête tout particulièrement à des évaluations de la vitesse du son dans les différents corps solides et gazeux. J'espère pouvoir donner dans un avenir rapproché le résultat de semblables déterminations. Le but de ce mémoire était principalement de décrire les nouvelles figures acoustiques elles-mêmes et de donner un coup d'œil général sur l'étendue et la précision de ce nouveau moyen d'observation.

Je laisse complétement de côté pour le moment la question de savoir dans quelle mesure la mise en évidence des ondes sonores pourra être utilisé à des recherches d'acoustiques autres que celles qui concernent la vitesse du son. Déjà cependant j'entrevois de nouvelles applications à faire des figures acoustiques. En tous cas, avant de tenter des recherches autres que celles qui sont basées uniquement sur la longueur des ondulations, il serait indispensable d'expliquer certaines particularités que ces figures présentent. Or, l'explication des différentes formes affectées par les nouvelles figures acoustiques semble devoir présenter encore d'assez grandes difficultés.

NOTE.

Depuis la publication du mémoire dont nous venons de donner la traduction. M. Kundt a continué ses recherches sur cette matière, et tout d'abord il a voulu

perfectionner ses moyens d'observation, en se procurant une poudre fine capable de remplacer le lycopode, et qui pût en outre être débarrassée par calcination de toute humidité et de tout gaz étranger retenu par adhérence. Après divers essais, il s'est décidé pour la silice en poudre impalpable, que l'on obtient en calcinant la silice gélatineuse. Cette substance introduite dans l'appareil décrit plus haut, produisit le même effet que le sable, seulement avec plus d'intensité, c'est-à-dire que les stries formées par le sable sont remplacées dans le cas de la silice par des parois très-minces, s'élevant du fond du tube et le fermant parfois presque entièrement.

Au moyen de cette même silice, l'auteur a pu mettre en évidence les nœuds et ventres de vibration d'un tuyau sonore, fermé ou ouvert, ce qu'il n'avait pu réaliser jusque-là. La poudre se dispose dans un tuyau sonore de la même manière que dans les tubes de verre vibrant longitudinalement, et les nœuds y sont marqués par des espaces vides, augmentant avec la longueur d'onde du son rendu. Cette longueur d'onde se déduit elle-même immédiatement des figures acoustiques, lesquelles font voir aussi les variations que subit la distribution des nœuds avec les conditions différentes dans lesquelles on fait vibrer un même tuyau.

Cet emploi de la silice permet encore de constater, en le rendant visible, le mouvement en spirale dont l'air est animé au haut d'un tuyau sonore, et qui avait déjà été signalé par *Fermond*. L'auteur a reconnu qu'il s'étend plus avant dans l'intérieur d'un tuyau ouvert que dans un tuyau fermé.

Enfin, en dernier lieu, M. Kundt a aussi étudié les vibrations des tuyaux sonores au moyen d'une flamme de

gaz introduite dans leur intérieur. La flamme introduite avec précaution dans l'intérieur d'un tuyau sonore en verre se décompose pendant toute la durée du son en stries alternativement claires et obscures. L'écartement de ces stries est proportionnel à la longueur du tube. Elles proviennent probablement de la présence simultanée du son principal et de ses harmoniques[1].

(*Réd.*)

[1] *Poggend. Annalen*, CXXVIII, p. 337.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

De la pile a gaz de Grove.

Le numéro des *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, du 25 février 1867[1], renferme une notice de M. Gaugain sur la pile à gaz de Grove, dans laquelle l'auteur ne semble pas avoir eu connaissance des observations que j'ai publiées sur ce sujet en 1843 dans les *Archives de l'Électricité*, tome III, p. 525. A certains égards, les conclusions de M. Gaugain se rapprochent beaucoup des miennes.

M. Gaugain remarque avec raison, et il est le premier qui ait fait cette observation, qu'il n'est point nécessaire que chacune des électrodes en platine du couple à gaz soit, comme l'avait dit M. Grove, simultanément en contact avec l'un des gaz et avec le liquide placé au-dessous. Il a obtenu la même force électromotrice avec un couple dans lequel chacun des fils de platine touchait à la fois le liquide et l'un des gaz, et avec un couple dans lequel les fils de platine étaient immergés complétement de manière à supprimer tout contact du métal avec le gaz. Il résulte de cette observation que l'action du platine ne s'exerce que sur les gaz déjà dissous et que les cloches à gaz ne doivent être considérées que comme des réservoirs destinés à maintenir à l'état de saturation les solutions qu'elles recouvrent.

La différence entre le résultat obtenu par M. Gaugain et celui de M. Grove, tient à ce que dans le mode d'opérer de ce dernier physicien, les couches liquides qui enveloppent les fils de platine se trouvant incessamment dépouillées du gaz qu'elles contiennent, peuvent en emprunter de nouvelles

[1] *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences de Paris*, t. LXIV, p. 364.

quantités aux réservoirs placés au-dessus, tandis que cela n'est pas possible lorsque les fils sont complétement immergés dans le liquide. Aussi ce n'est qu'au premier moment que les forces électromotrices sont égales dans les deux cas ; dans le second, cette force va en s'affaiblissant très-rapidement, tandis que dans le premier elle reste constante.

Le rôle des deux gaz dans la pile à gaz de Grove a été étudié avec soin par M. Gaugain ; il adopte complétement l'opinion de M. Schönbein, d'après laquelle l'oxygène ne sert qu'à dépolariser le fil positif, rôle analogue à celui que joue le sulfate de cuivre dans la pile de Daniell. Suivant M. Gaugain, la force électromotrice mise en jeu dans le couple de Grove provient exclusivement, ou presque exclusivement, de l'affinité qui s'exerce entre l'oxygène de l'eau et l'hydrogène condensé par le platine.

Nous n'irons pas si loin que M. Gaugain, et nous sommes disposés à croire que l'action du platine recouvert d'oxygène sur l'hydrogène de l'eau contribue aussi à la production du courant électrique et que les deux actions concourent à la formation de la chaîne électrique qui s'établit entre les deux électrodes de platine.

Il résulte de diverses expériences faites en 1843 [1], que s'il est vrai qu'il n'est pas nécessaire pour avoir un courant d'avoir de l'oxygène autour ou au-dessous de l'électrode négative, et qu'il suffise de plonger cette électrode dans l'eau acidulée. c'est que l'oxygène manquant est remplacé par celui qui est naturellement dissous dans le liquide. En effet, si on fait l'expérience dans le vide après avoir eu soin de chasser de l'eau acidulée la plus grande partie de l'oxygène qu'elle aurait dissoute, le courant cesse bientôt et le volume de l'hydrogène qui entoure l'électrode positive ne diminue que très-peu. Il en est tout autrement si on opère dans l'air, ce qui permet au liquide de reprendre et de dissoudre du

[1] *Archives de l'Électricité* (1843), tome III, p. 525, par M. le prof. A. de la Rive.

nouvel oxygène au fur et à mesure qu'il est consommé ; alors le courant ne cesse pas et le volume de l'hydrogène diminue graduellement d'une manière constante jusqu'à ce que tout l'hydrogène ait disparu.

Rien n'est plus facile que de s'assurer dans le premier cas de la disparition de l'oxygène. Il suffit d'opérer avec une auge en verre fermée par un bouchon à l'émeri, et de laisser au-dessus de la couche d'eau acidulée, dans laquelle plongent les tubes remplis de gaz, une couche d'air atmosphérique. Au bout d'un temps plus ou moins long, quinze jours par exemple, on voit que l'hydrogène a sensiblement diminué de volume, que l'air atmosphérique a été complétement dépouillé de son oxygène, et qu'il ne reste plus dans le flacon que de l'azote au-dessus de la couche liquide. C'est un fait assez remarquable que la force avec laquelle l'oxygène répandu dans la masse du liquide, même celui qui se trouve dans la portion de l'air atmosphérique qui est au-dessus du liquide dans l'auge, se transporte graduellement dans le haut du tube étroit où est l'hydrogène et où s'opère la combinaison chimique.

En résumé, le point essentiel qui a été bien établi par les nouvelles recherches de M. Gaugain (point que j'avais déjà signalé en 1843), c'est que le dégagement de l'électricité dans la pile à gaz de Grove provient de l'action chimique exercée sur l'hydrogène, sous l'influence du platine, par l'oxygène dissous et non pas par l'oxygène gazeux. Ce point important se rattache à une question plus générale qui mériterait d'être mieux étudiée qu'elle ne l'a été jusqu'ici, savoir les conditions au point de vue physique et chimique dans lesquelles se trouvent les gaz à l'état de dissolution. Il y aurait là, en variant, soit la nature du gaz, soit celle du liquide servant à le dissoudre, un travail intéressant à faire et pour lequel l'emploi des forces électromotrices et le secours du galvanomètre seraient d'un grand prix. A. D. L. R.

F. Le Roux. Recherches sur les courants thermo-électriques. Rapport de M. Edm. Becquerel. (*Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, 1867, tome LXIV, p. 153.)

Dans la séance du 20 août dernier, M. Le Roux a soumis à l'examen de l'Académie un Mémoire ayant pour titre : « Recherches sur les courants thermo-électriques. »

L'auteur s'est proposé, d'une part, d'étudier l'influence de diverses conditions relatives à l'état physique des métaux sur le développement des courants thermo-électriques ; d'autre part, de chercher à remonter aux lois de la formation de ces courants par des mesures précises des effets calorifiques développés, soit au point de jonction des conducteurs hétérogènes, soit dans la masse des conducteurs homogènes, quand les diverses parties de ceux-ci sont maintenues à des températures inégales.

On sait que, peu de temps après la découverte des courants thermo-électriques par Seebeck, M. Becquerel montra que l'on pouvait obtenir des courants thermo-électriques dans un circuit composé d'un seul métal, et que, par exemple, dans un fil de platine, un nœud, une boucle ou quelque autre déformation amenant un changement de diamètre suffisait, suivant les points où l'élévation de température se faisait, pour donner lieu à un courant électrique. Il observa aussi que le contact de deux portions d'un même métal dans un état suffisamment inégal de température donnait lieu à un développement d'électricité. Ces effets ont été expliqués diversement par les physiciens qui se sont occupés depuis du même sujet, et quelques-uns ont pensé qu'il fallait attribuer ce développement d'électricité à une différence permanente dans l'état moléculaire des conducteurs.

M. Le Roux a examiné ces diverses opinions, a varié d'une manière ingénieuse les expériences et généralisé les résultats, et est arrivé à conclure que, dans toutes les expériences de ce genre, la condition fondamentale est bien le contact

de deux parties d'un même métal présentant des différences de température.

Il a cherché ensuite à montrer que, dans les phénomènes thermo-électriques observés dans les circuits homogènes interviennent, comme cause secondaire des compressions et des extensions qui se produisent nécessairement lorsqu'on amène au contact deux masses métalliques de températures différentes. Parmi les expériences instituées par l'auteur dans cet ordre d'idées, nous citerons comme particulièrement intéressante celle qui montre que lorsqu'une matière homogène est partagée en deux masses réunies, sans aucune solution de continuité, par une partie excessivement courte et d'une très-petite section, on obtient des effets thermo-électriques très-sensibles en chauffant seulement l'une de ces masses.

L'auteur a observé ensuite les effets thermo-électriques produits entre deux parties d'un même conducteur soumises à une extension ou à une compression inégale, effets qui ont déjà été observés par M. Babinet et par M. W. Thomson. Au moyen d'une disposition nouvelle de l'expérience, il a étudié le phénomène pour un plus grand nombre de métaux ; pour tous ceux qu'il a examinés, il a trouvé que deux fils de même nature, dont l'un était temporairement tendu et l'autre à l'état naturel, se constituaient dans des états électriques différents lorsqu'on élevait la température de leur point de jonction ; le sens de cet effet est d'ailleurs variable avec la nature des métaux.

Avant d'indiquer comment M. Le Roux a étudié le cas le plus complexe de la production des courants thermo-électriques dans des circuits hétérogènes, nous allons rappeler en quelques mots quels sont les principaux phénomènes qui se rattachent à ce sujet :

1° Lorsqu'on est loin de tous les points de jonction, le passage d'un courant électrique dans chaque conducteur homogène donne lieu à une élévation de température qui

est soumise à des lois régulières parfaitement déterminées (la quantité de chaleur produite est proportionnelle à la résistance à la conductibilité de ce conducteur et en raison directe du carré de la quantité d'électricité qui passe pendant un temps donné).

2° Peltier a reconnu qu'aux points de jonction des différents conducteurs, suivant la direction du courant électrique, il se manifeste une élévation de température plus ou moins grande que dans le reste du circuit ou même un abaissement de température.

3° Lorsqu'un conducteur métallique homogène a ses deux extrémités à des températures différentes, et par conséquent que sa température est graduellement croissante dans un certain sens, M. W. Thomson a annoncé que, suivant le sens du passage du courant électrique, l'élévation de température dans les différentes sections est différente.

M. Le Roux, au lieu de s'en tenir, comme on l'avait fait jusqu'ici, aux changements de température, a évalué en calories les effets qui se manifestent aux points de jonction de deux conducteurs hétérogènes dont il a varié la nature. A cet effet, il a formé des couples avec le cuivre rouge associé à un grand nombre de métaux, et il a placé chacun des deux points de jonction de ces divers couples dans des calorimètres appropriés à ces expériences, de manière à évaluer en calories les divers effets produits par l'électricité.

En ce qui concerne ces effets découverts, comme nous l'avons dit, par Peltier, et dont votre Rapporteur a montré, il y a plusieurs années, la liaison avec le sens du courant thermo-électrique qui prend naissance quand on fait subir aux surfaces de jonction les mêmes changements de température que le passage du courant peut faire naître, M. Le Roux a prouvé, par les expériences dont il vient d'être question, qu'ils sont proportionnels à l'intensité du courant électrique qui les détermine.

D'après une proposition générale que l'auteur déduit de

l'ensemble de toutes les observations sur le développement de la chaleur par le passage des courants électriques, ces quantités de chaleur servent de mesure aux forces électromotrices existant aux points de jonction des conducteurs hétérogènes; il peut ainsi comparer ses forces électromotrices à celle d'un couple hydro-électrique à sulfate de cuivre.

M. Le Roux a cherché ensuite si ces effets calorifiques, dont les jonctions des conducteurs hétérogènes sont le siége, ne seraient pas fonction de la température du milieu où ils sont plongés. Malgré les difficultés inhérentes à de semblables déterminations, il a réussi, au moyen d'un appareil spécial, à comparer les effets calorifiques qui se produisent aux températures de 25 degrés et de 100 degrés lorsqu'un courant électrique circule entre le cuivre rouge et l'alliage de bismuth et d'antimoine dont votre Rapporteur a fait connaître les propriétés thermo-électriques si prononcées. Ses expériences, très-concordantes, montrent que les quantités de chaleur dégagées à ces deux températures sont entre elles sensiblement comme $^{31}/_{40}$.

C'est là un résultat nouveau et qui est important pour la théorie des courants thermo-électriques.

Il restait à étudier les phénomènes qui ont lieu à distance des jonctions dans les conducteurs homogènes affectés par une distribution inégale de la température. Par une nouvelle disposition d'appareil, M. Le Roux a vérifié l'exactitude du fait annoncé par M. W. Thomson; il a reconnu qu'il est proportionnel à la simple puissance de l'intensité du courant, et il a donné une méthode pour éliminer les causes perturbatrices de ce phénomène tenant à une disposition moléculaire préexistante des conducteurs; enfin il a donné la valeur comparative de cet effet pour tous les métaux usuels.

L'auteur a terminé la partie expérimentale de son Mémoire par l'évaluation des intensités des courants thermo-élec-

triques développés entre les mêmes limites de température par les mêmes couples de métaux que ceux entre les points de jonction desquels il avait étudié les effets calorifiques produits par le passage d'un courant électrique. Il a reconnu que la loi déjà soupçonnée, de la proportionnalité de ces intensités à ces effets calorifiques, tend seulement à se vérifier pour la plupart des couples; mais il y a toujours des divergences, qui sont d'autant plus marquées que les couples sont moins énergiques. Ces divergences ne paraissent pas devoir être imputables aux erreurs d'observation, et semblent pouvoir être attribuées aux phénomènes précédemment étudiés dans les conducteurs homogènes.

Dans le cours de son Mémoire, l'auteur a mis en évidence les considérations théoriques qui l'ont guidé, et sur lesquelles nous n'avons pas à nous prononcer. Ces considérations tendent à relier les phénomènes thermo-électriques à la théorie mécanique de la chaleur; mais l'exposé des résultats auxquels il est parvenu l'a conduit à des conclusions qui nous paraissent établies par des expériences bien exécutées.

En résumé, l'auteur a montré dans ce travail beaucoup de sagacité, et a pu approfondir plusieurs points seulement indiqués antérieurement et qui concernent la thermo-électricité. En conséquence, votre Commission vous propose d'engager l'auteur à poursuivre un sujet d'étude si digne d'intérêt et d'ordonner l'insertion du présent Mémoire au Recueil des Savants étrangers.

CHIMIE.

H. Sainte-Claire Deville et L. Troost. Sur le coefficient de dilatation et sur la densité de vapeur de l'acide hypoazotique. *(Comptes rendus de l'Acad. des Sciences, tome 64, p. 237, 11 février 1867.)*

L'acide hypoazotique présente à l'état de vapeur une constitution que l'on a toujours considérée comme parfaitement

normale, pourvu que l'on prenne sa densité à une température suffisamment élevée au-dessus de son point d'ébullition. Mais cette densité ne convient pas aussi bien aux spéculations atomistiques; car si l'on veut doubler la formule AzO^4, il faut aussi doubler l'équivalent en volume de l'acide hypoazotique, ce qui devient fort embarrassant.

Pour que Az^2O^8 correspondît à 4 volumes, il faudrait que l'acide hypoazotique AzO^4 représentât 2 volumes seulement au lieu de 4 résultant des densités de vapeur prises à 40° au-dessus du point d'ébullition. Afin d'arriver au résultat désiré, MM. Playfair et Wanklyn ont déterminé les densités de l'acide hypoazotique à des températures variables et inférieures à son point d'ébullition, en diffusant sa vapeur dans des quantités connues d'un gaz inerte, l'azote. Ils ont pris en cela le contrepied de la règle ordinaire qui consiste à chercher une température plus ou moins élevée où la densité, ramenée à 0° par le calcul, devient indépendante de la température, où, par conséquent, le coefficient de dilatation de la matière devient constant. En dehors de ces circonstances, toutes les fois que l'on introduit dans le calcul de la densité de vapeur le coefficient de dilatation 0,00367, on admet implicitement que ce coefficient possède réellement cette valeur, ce qui est précisément la chose à démontrer.

MM. Deville et Troost ont donc voulu déterminer le coefficient de dilatation de la vapeur nitreuse et ils ont trouvé que ce coefficient a un maximum à +40° et qu'il s'affaiblit jusqu'à ce qu'à 135° il soit devenu invariable et égal à 0,00367. La densité de vapeur, à partir de 135° est égale à 1,58, comme on l'admettait, du reste, autrefois. La densité théorique correspondant à 4 vol. = AzO^4 (ou Az^2O^4) est 1,589. M. Wurtz admet que l'acide hypoazotique Az^2O^4 représente 2 vol. et qu'il se dissocie au moment où sa densité correspond à 4 vol.; mais il faudrait, pour cela, que l'acide hypoazotique eût une existence bien éphémère, puisque le calcul montre que à —11°, c'est-à-dire à une température où il est so-

lide, sa vapeur n'atteindrait pas encore la densité 3.179 qui lui serait nécessaire pour n'être pas dissociée.

Pour toutes les vapeurs condensables au-dessus de zéro, ce que l'on appelle la densité de vapeur, est une fiction mathématique, à laquelle il est impossible de donner un sens physique. Son interprétation n'est possible qu'autant que la vapeur prise à un point suffisamment élevé au-dessus du point d'ébullition obéit à la loi de Mariotte et possède le coefficient constant 0.00367 de dilatation des gaz parfaits. Alors la densité ramenée à zéro et 760 millimètres est exactement celle qu'aurait la vapeur à ces points fixes, si elle perdait la faculté de se condenser.

La densité de la vapeur nitreuse est donc uniquement et nécessairement égale à 1.589 représentant 4 vol. pour l'équivalent AzO^4. Si l'on veut, avec M. Müller, doubler sa formule, il faut alors lui attribuer 8 volumes de vapeur, ce qui augmentera la nombreuse catégorie des substances auxquelles il faut désormais assigner 8 volumes[1]. M. D.

[1] Nous pensons bien, avec M. Deville, qu'il faut en revenir à admettre, comme il y a trente ans et plus, que parmi les gaz composés un grand nombre se laissent représenter par deux (ou quatre) volumes, tandis que d'autres ont des formules correspondant à quatre (ou huit) volumes, etc. Et il paraît bien établi maintenant, que le plus souvent la cause de ces différences ne saurait se trouver dans des phénomènes de dissociation ou de distension, comme le voudraient actuellement quelques chimistes.

Ce fait de l'inégalité de volume chez des corps doués d'un si grand nombre de propriétés communes comme le sont les gaz, peut paraître très-surprenant. Toutefois, comme il se présente déjà dans les corps simples gazeux ou réduits en vapeur, on ne voit pas trop pourquoi il ne se rencontrerait pas également dans les gaz composés.

Les poids atomiques des corps étant déterminés par d'autres considérations, on trouve que les gaz ou les vapeurs des corps simples représentent des volumes variables, ceux du phosphore et de l'arsenic étant moitié seulement, ceux du mercure et du cadmium étant doubles de ceux qu'exige le calcul théorique. Ainsi donc, le phos-

phore et l'azote, le cadmium et le zinc, par exemple, corps dont la constitution est évidemment la même, donnent des densités de vapeur correspondant à des volumes différents, sans que pour le moment nous soyions en mesure d'en donner la raison; qu'y a-t-il donc d'étonnant à ce qu'il en soit aussi de même pour des gaz composés parfaitement comparables d'ailleurs. Ce n'est pas à dire que la théorie atomique soit renversée pour cela, car il n'en subsiste pas moins des rapports simples, dignes du plus haut intérêt et qui aideront toujours à fixer, concurremment avec des considérations tirées des chaleurs spécifiques et de l'isomorphisme, la véritable formule de certains composés et le poids atomique des éléments.

C'est ce que sentent parfaitement, du reste, les partisans les plus déclarés de la *doctrine des équivalents*, qui sont en même temps des adversaires non moins déclarés de la *théorie atomique*. Pour être fidèles au principe fondamental des équivalents, les chimistes dont nous parlons devraient s'en tenir strictement, pour la détermination des nombres proportionnels et des formules chimiques, à l'expérience pure sans hypothèse aucune, et cependant, dans la pratique, ils sont obligés de faire un certain nombre de conventions, et de s'appuyer sur des hypothèses qu'ils abandonnent au besoin, et qui ôtent à leur doctrine son cachet exclusivement expérimental en la plaçant, sous ce rapport, sans avantage aucun, exactement sur le même pied que la théorie atomique.

Pour ce qui est du cas particulier de l'acide hypoazotique, l'on voit bien qu'il possède deux densités de vapeur, l'une correspondant à quatre volumes et l'autre à deux seulement; mais il n'est pas démontré du tout que le corps dont nous parlons ne subit pas, à une basse température, un changement physique tendant à dédoubler sa molécule : chacun connaît les modifications que peut présenter sa couleur lorsqu'il a été liquéfié ; quant à la vapeur nitreuse, M. Deville le constate lui-même, elle est à peine jaune à —10°, et se fonce de plus en plus à mesure que la température s'élève, si bien que, à 183°, le gaz est plus noir que rouge, et se laisse à peine traverser par la lumière, même quand il est en couche mince.

M. DELAFONTAINE.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE FÉVRIER 1867.

Le 1er, gelée blanche le matin.

2, gelée blanche le matin.

3, lumière zodiacale dans la soirée.

5, halo solaire le matin à 10 h.

6, vent violent du SSO. de 10 h. du matin jusqu'au soir, et surtout entre 4 h. et 5 h. de l'après-midi, au moment du minimum barométrique.

7. neige sur les montagnes des environs, jusque sur le sommet du Petit Salève; dans la journée averses mêlées de grésil et de flocons de neige.

8, la neige blanchit le sol jusqu'au pied des montagnes.

9, couronne lunaire dans la soirée.

10, gelée blanche le matin; la neige a disparu du Petit Salève.

11, gelée blanche le matin ; couronne lunaire dans la soirée.

14, gelée blanche le matin; vers 8 h. du matin brouillard épais pendant une heure, avant et après, ciel parfaitement clair.

15, gelée blanche le matin; couronne lunaire dans la soirée.

16, gelée blanche le matin; couronne lunaire dans la soirée.

17, halo lunaire et couronne lunaire dans la soirée.

18, brouillard pendant 1 h. à 8 h. du matin; faible halo solaire à plusieurs reprises dans la journée de $11^1/_2$ h. à $4^1/_2$ h. ; à 3 h. on voit, en outre, les deux parhélies. Couronne lunaire et halo lunaire dans la soirée.

20, brouillard le matin jusqu'à 11 h.; belle lumière zodiacale dans la soirée.

21, lumière zodiacale dans la soirée; couronne lunaire.

22, gelée blanche le matin, faible brouillard dans la matinée ; lumière zodiacale dans la soirée.

23, gelée blanche le matin de bonne heure, puis brouillard épais jusqu'à 11 h.; lumière zodiacale dans la soirée.

24, gelée blanche le matin ; belle lumière zodiacale dans la soirée.

25, gelée blanche le matin; belle lumière zodiacale dans la soirée.

26, gelée blanche le matin.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm
Le 2 à 10 h. matin...	739,50
7 à 11 h. soir.....	731,45
10 à 10 h. matin...	734,91
12 à 10 h. matin...	738,38
14 à 8 h. matin...	736,08
22 à 10 h. matin...	741,12

MINIMUM.	mm
Le 1er à 2 h. après-m..	735,97
6 à $4^3/_4$ h. après-m.	714,82
8 à 2 h. après-m..	729,86
11 à 6 h. matin...	732,41
13 à 4 h. après-m..	729,74
16 à 4 h. après-m..	728,22
28 à 6 h. matin...	726,05

GENÈVE. — FÉVRIER 1867.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation en millièmes. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation en millièmes. Minim.	Fract. de saturation en millièmes. Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim.					mm.				0		cm
1	736,45	+ 9,32	+ 2,69	+2,49	+ 0,2	+ 6,3	4,57	+0,42	828	— 21	660	910	...	..	SSO. 1	0,51	5,8	+ 1,4	134
2	738,92	+11,82	+ 3,44	+3,17	— 0,9	+ 9,8	4,87	+0,71	822	— 25	510	920	...	..	variable	0,78	5,8	+ 1,4	135
3	738,13	+11,07	+ 4,77	+4,43	+ 1,9	+ 7,6	5,46	+1,30	847	+ 2	730	960	0,4	2	N. 1	0,83	...	....	135
4	730,34	+ 3,32	+ 5,40	+4,99	— 0,3	+11,2	5,13	+0,96	769	— 74	510	970	5,1	4	SSO. 2	0,79	5,9	+ 1,4	135
5	723,80	— 3,18	+ 5,76	+5,28	+ 4,5	+ 9,0	4,10	—0,08	618	—223	400	830	...	..	SO. 2	0,56	5,9	+ 1,4	134
6	716,57	—10,37	+ 9,55	+9,00	+ 4,8	+14,2	6,44	+2,26	719	—120	540	870	11,6	15	SSO. 3	0,93	5,9	+ 1,4	133
7	721,92	— 4,98	+ 3,15	+2,52	+ 1,0	+10,0	4,41	+0,22	781	— 56	580	870	7,9	10	SSO. 2	0,96	5,8	+ 1,3	133
8	730,16	+ 3,30	+ 5,22	+4,51	+ 0,3	+10,0	4,46	+0,27	660	—175	470	780	0,2	2	OSO. 2	0,96	5,8	+ 1,3	133
9	732,52	+ 5,70	+ 9,41	+8,62	+ 6,0	+12,0	6,27	+2,07	722	—111	570	920	...	..	SO. 1	0,86	5,8	+ 1,2	133
10	733,90	+ 7,13	+ 4,59	+3,71	+ 0,2	+10,8	5,87	+1,66	911	+ 81	730	1000	...	..	SSO. 1	0,13	5,8	....	133
11	733,52	+ 6,80	+ 7,12	+6,15	0,0	+13,8	5,05	+0,84	664	—163	500	990	0,2	1	SSO. 1	0,82	5,9	+ 1,3	134
12	737,30	+10,62	+ 4,93	+3,87	+ 2,0	+ 7,6	3,97	—0,25	616	—209	480	650	...	..	N. 1	0,54	5,9	+ 1,3	134
13	732,40	+ 5,77	+ 5,90	+4,75	+ 3,3	+ 9,2	5,35	+1,13	777	— 46	640	900	...	..	N. 3	0,49	6,0	+ 1,4	135
14	734,59	+ 8,01	+ 4,78	+3,54	— 0,7	+13,0	4,75	+0,52	751	— 70	430	1000	...	..	variable	0,18	6,0	+ 1,3	133
15	730,69	+ 4,16	+ 5,64	+4,31	— 0,7	+15,0	4,76	+0,53	701	—118	460	920	...	..	variable	0,36	6,5	+ 1,8	132
16	729,33	+ 2,85	+ 7,25	+5,82	+ 0,2	+14,5	5,50	+1,27	719	— 98	470	950	...	..	variable	0,69	6,4	+ 1,7	132
17	729,82	+ 3,39	+ 7,40	+5,87	+ 5,6	+10,3	7,25	+3,01	951	+137	850	990	9,5	7	SO. 1	0,97	...	....	131
18	734,36	+ 7,98	+ 7,69	+6,06	+ 4,1	+12,1	6,95	+2,71	882	+ 70	700	1000	...	..	variable	0,66	6,8	+ 2,0	130
19	737,25	+10,92	+ 6,81	+5,08	+ 5,2	+10,3	7,30	+3,05	987	+177	900	1000	3,7	6	N. 1	0,99	6,8	+ 2,0	129
20	738,08	+11,80	+ 7,55	+5,72	+ 5,7	+12,5	7,21	+2,96	932	+125	740	1000	...	..	N. 1	0,72	6,9	+ 2,0	128
21	739,32	+13,09	+ 6,88	+4,94	+ 3,1	+11,0	6,04	+1,78	812	+ 7	680	940	...	..	NNE. 1	0,31	6,9	+ 2,0	128
22	739,71	+13,53	+ 5,69	+3,64	+ 0,3	+15,0	5,86	+1,60	845	+ 43	620	980	...	..	SSO. 1	0,37	7,1	+ 2,1	127
23	738,33	+12,20	+ 5,00	+2,84	0,0	+10,4	5,23	+0,96	802	+ 3	590	1000	...	..	variable	0,49	7,1	+ 2,1	126
24	737,07	+11,00	+ 4,38	+2,11	— 1,0	+10,6	4,91	+0,64	783	— 14	580	970	...	..	SSO. 1	0,02	...	....	125
25	734,41	+ 8,40	+ 6,72	+4,34	+ 1,2	+13,1	5,51	+1,23	744	— 50	560	870	...	..	SSO. 1	0,23	7,1	+ 2,0	124
26	729,28	+ 3,33	+ 6,31	+3,82	— 0,9	+14,4	5,32	+1,04	734	— 57	560	980	...	..	SSO. 1	0,58	7,3	+ 2,2	124
27	726,88	+ 0,98	+ 6,98	+4,38	+ 5,2	+11,0	5,21	+0,92	708	— 81	610	750	...	..	SSO. 1	0,98	7,5	+ 2,3	123
28	727,19	+ 1,34	+ 1,93	—0,78	+ 0,4	+ 8,0	4,23	—0,06	812	+ 26	670	1000	1,6	3	N. 2	0,94	7,0	+ 1,8	123

MOYENNES DU MOIS DE FÉVRIER 1867.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	730,37	730,55	730,79	730,52	729,95	729,93	730,12	730,53	730,44
2 «	733,90	734,34	734,38	733,87	733,27	733,15	733,57	733,96	734,28
3 «	734,36	734,87	734,95	734,52	733,50	733,10	733,19	733,37	733,41
Mois	732,77	733,14	733,26	732,86	732,15	731,99	732,23	732,57	732,66
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 3,48	+ 3,81	+ 5,85	+ 7,56	+ 8,33	+ 7,93	+ 6,71	+ 5,50	+ 5,03
2e «	+ 3,35	+ 4,45	+ 7,13	+ 9,19	+ 9,97	+ 9,90	+ 8,46	+ 6,81	+ 5,59
3e «	+ 2,13	+ 2,52	+ 5,77	+ 8,37	+ 9,70	+ 9,41	+ 7,39	+ 5,99	+ 4,80
Mois	+ 3,05	+ 3,67	+ 6,28	+ 8,37	+ 9,31	+ 9,06	+ 7,53	+ 6,11	+ 5,46
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	4,77	4,87	5,33	5,35	5,26	5,30	5,41	5,33	5,06
2e «	5,40	5,47	6,11	6,04	6,28	5,89	5,92	5,72	5,70
3e «	4,87	4,96	5,55	5,51	5,62	5,51	5,44	5,32	5,07
Mois	5,02	5,11	5,67	5,64	5,73	5,57	5,60	5,47	5,29
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	817	805	767	684	640	663	734	791	779
2e «	916	866	813	700	682	654	717	769	836
3e «	916	906	811	673	624	620	703	757	783
Mois	881	856	796	686	650	647	719	774	800

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	+ 1,77	+10,09	0,73	5,84	25,2	133,8
2e «	+ 2,47	+11,83	0,64	6,36	13,4	131,8
3e «	+ 1,04	+11,69	0,49	7,14	1,6	125,0
Mois	+ 1,81	+11,16	0,63	6,41	40,2	130,6

Dans ce mois, l'air a été calme 1 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,57 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 59,6 O. et son intensité est égale à 35,7 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE FÉVRIER 1867.

Le 2, brouillard de midi à 2 heures.
3, id. jusqu'à 4 heures du soir.
4, id. à 4 heures du soir et depuis 8 heures du soir.
5, id. de midi à 4 heures.
7, id. toute la journée.
8, la neige tombée dans la matinée a été emportée du pluviomètre par le vent.
9, brouillard depuis 6 heures du soir.
11, id. depuis 6 heures du soir.
12, id. jusqu'à 8 heures du matin.
13, id. à 2 heures de l'après-midi.
14, id. depuis 6 heures du soir.
15, id. toute la journée.
16, id. toute la journée.
17, id. à 6 heures du matin.
19, id. de 10 heures à 4 heures.
20, id. toute la journée.
27, id. toute la journée.
28, id. à 6 heures du matin et à 4 heures du soir.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 2 à 10 h. soir....	572,11		
		Le 7 à 8 h. matin...	552,31
10 à midi.........	571,29		
		13 à 3 h. après-m.	566,34
14 à 10 h. matin...	572,85		
		17 à 6 h. matin...	567,07
19 à 10 h. matin...	572,74		
		20 à 6 h. matin...	571,01
21 à 10 h. soir....	573,16		
		28 à 10 h. soir....	558,61

Jours du mois.	Baromètre.				Température C.				Pluie ou neige.			Vent dominant		Clarté moy. du Ciel.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum.	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum *	Maximum *	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.			
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim.				
1	568,68	+ 8,50	567,83	570,16	— 7,08	+ 2,36	— 9,2	— 5,0	.....	.....	......	NE.	1	0,22
2	571,77	+11,61	571,40	572,11	— 4,28	+ 5,15	— 5,4	— 2,3	.....	.....	......	NE.	2	0,23
3	570,25	+10,11	569,85	570,90	— 5,32	+ 4,09	— 7,2	— 2,9	.....	.....	......	NE.	1	0,59
4	565,25	+ 5,13	562,26	568,21	— 8,07	+ 1,33	— 8,5	— 6,7	.....	.....	......	SO.	1	0,93
5	558,01	— 2,09	557,53	558,70	— 8,70	+ 0,68	—10,7	— 6,0	110	8,2	8	NE.	1	0,91
6	555,50	— 4,58	553,79	557,17	— 2,62	+ 6,74	— 4,6	+ 0,4	360	26,3	22	NE.	1	1,00
7	554,85	— 5,21	552,31	558,50	—11,70	— 2,36	—13,0	—10,0	.....	.....	......	NE.	3	1,00
8	564,63	+ 4,59	561,86	566,23	— 3,25	+ 6,06	— 9,5	+ 0,3	30	1,8	4	NE.	1	0,85
9	567,67	+ 7,64	567,09	568,92	— 1,97	+ 7,31	— 2,9	+ 0,7	.....	.....	......	NE.	2	1,00
10	570,96	+10,95	570,37	571,29	+ 0,79	+10,05	— 0,7	+ 4,0	.....	.....	......	NE.	1	0,01
11	568,35	+ 8,36	567,48	569,49	— 3,25	+ 5,98	— 6,5	+ 1,4	.....	.....	......	NE.	1	0,58
12	568,49	+ 8,51	567,51	569,33	— 8,97	+ 0,23	—11,3	— 6,4	.....	.....	......	NE.	1	0,68
13	567,65	+ 7,69	566,34	568,62	— 5,92	+ 3,25	—10,0	+ 1,5	.....	.....	......	SO.	1	0,56
14	571,74	+11,80	570,22	572,90	— 8,47	+ 0,67	—12,2	— 6,0	30	7,8	6	SO.	1	1,00
15	569,64	+ 9,71	569,20	570,11	— 5,46	+ 3,64	— 5,6	— 4,5	.....	.....	......	SO.	1	1,00
16	568,56	+ 8,65	567,91	569,58	— 4,76	+ 4,31	— 5,0	— 4,0	.....	.....	......	SO.	1	1,00
17	567,61	+ 7,71	567,07	568,12	— 3,59	+ 5,44	— 4,3	— 1,9	80	12,3	6	SO.	1	1,00
18	570,05	+10,16	568,62	571,21	— 2,15	+ 6,84	— 3,7	+ 0,2	10	2,5	3	NE.	1	0,92
19	572,20	+12,33	571,74	572,74	— 3,28	+ 5,67	— 3,6	— 2,3	70	7,8	6	SO.	1	1,00
20	571,60	+11,74	571,01	572,05	— 4,53	+ 4,37	— 5,6	— 2,6	30	2,6	4	NE.	1	0,98
21	572,45	+12,61	571,60	573,16	— 5,86	+ 3,00	— 7,5	— 3,3	.....	.....	......	NE.	1	0,03
22	572,43	+12,60	572,08	572,71	— 3,59	+ 5,23	— 6,7	— 1,4	.....	.....	......	NE.	2	0,31
23	570,57	+10,75	570,20	570,88	— 4,75	+ 4,02	— 7,0	— 2,7	.....	.....	......	NE.	2	0,17
24	570,65	+10,84	570,46	570,98	— 2,81	+ 5,91	— 5,4	— 0,3	.....	.....	......	NE.	1	0,07
25	568,21	+ 8,41	567,59	569,01	— 3,39	+ 5,28	— 4,5	— 0,9	.....	.....	......	NE.	2	0,13
26	563,22	+ 3,43	561,66	565,26	— 4,77	+ 3,84	— 6,7	— 2,5	.....	.....	......	NE.	1	0,24
27	560,71	+ 0,92	560,31	561,09	— 5,98	+ 2,58	— 6,5	— 4,3	.....	.....	......	NE.	1	1,00
28	559,34	— 0,44	558,64	559,94	— 7,25	+ 1,26	— 8,5	— 4,9	140	20,5	16	NE.	1	0,79

* Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 heures du matin à 10 heures du soir, le thermométrographe étant hors de service.

MOYENNES DU MOIS DE FÉVRIER 1867.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	564,61	564,67	565,01	564,87	564,39	564,61	564,76	565,09	565,12
2e «	569,36	569,74	570,05	569,67	569,33	569,32	569,63	569,70	569,82
3e «	567,38	567,60	567,68	567,47	567,08	566,96	566,95	566,96	567,01
Mois	567,10	567,32	567,57	567,33	566,92	566,96	567,13	567,27	567,34
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	— 6,30	— 5,65	— 4,50	— 3,14	— 3,52	— 4,57	— 5,70	— 5,78	— 5,51
2e «	— 5,73	— 5,54	— 4,37	— 3,13	— 3,57	— 4,62	— 5,28	— 5,33	— 5,45
3e «	— 5,59	— 5,39	— 3,79	— 3,46	— 3,00	— 3,76	— 5,37	— 5,22	— 5,29
Mois	— 5,89	— 5,54	— 4,25	— 3,23	— 3,39	— 4,36	— 5,46	— 5,46	— 5,42

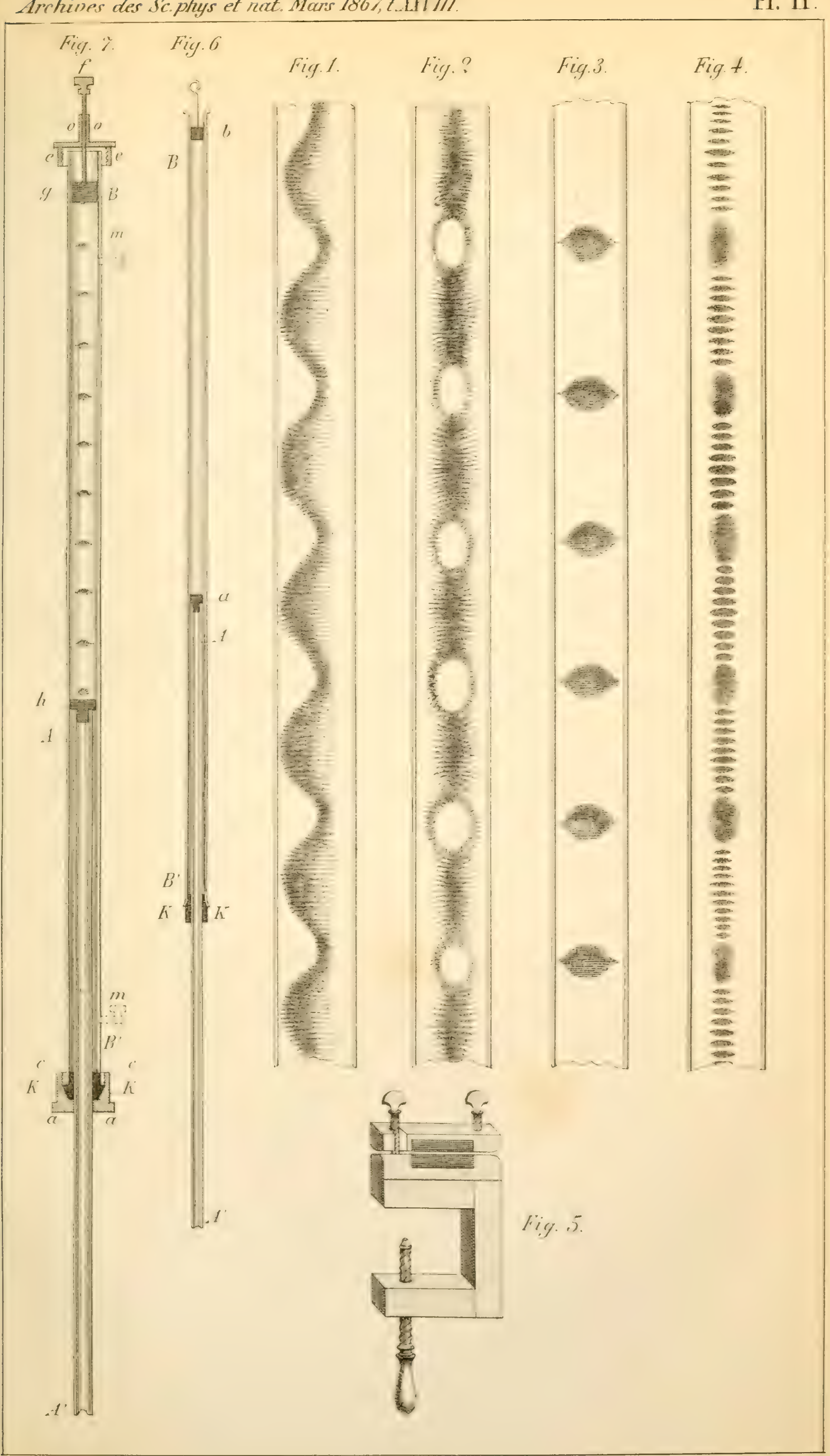
	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	— 7,17	— 2,75	0,67	36,3	500
2e «	— 6,78	— 2,46	0,87	33,0	220
3e «	— 6,60	— 2,54	0,34	20,5	140
Mois	— 6,87	— 2,59	0,65	89,8	860

Dans ce mois, l'air a été calme 11 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE à ceux du SO. a été celui de 3,71 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E. et son intensité est égale à 63,5 sur 100.

* Voir la note du tableau.


Fig. 7.
f
o o
e e
g B
m
h
A
m
B'
c c
K K
a a
A'
Fig. 6
b
B
a
A
B'
K K
A'
Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.

RÉSULTATS DE LA SECONDE ANNÉE

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES SUISSES

SOUS LE RAPPORT DES

TEMPÉRATURES ET DES QUANTITÉS D'EAU DE PLUIE ET DE NEIGE

Communiqués à la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève, le 4 avril 1867

PAR

M. le professeur GAUTIER.

J'ai présenté à notre Société, le 7 septembre 1865, une Notice sur les températures de l'année et des quatre saisons comprises entre décembre 1863 et novembre 1864, telles qu'elles ont été observées, avec des thermomètres soigneusement construits et comparés entre eux, en 75 stations des 22 cantons de la Suisse; et j'y ai joint les quantités annuelles d'eau de pluie et de neige en ces mêmes stations [1]. Je viens lui communiquer aujourd'hui le résultat du même travail pour l'année comprise entre le 1er décembre 1864 et le 30 novembre 1865.

Températures.

Le cahier de novembre 1865 du Recueil in-4° des observations météorologiques suisses renfermant un tableau des températures mensuelles et annuelles de toutes les

[1] Cette Notice a été insérée dans le numéro d'octobre 1865 des *Archives des Sciences physiques et naturelles*, t. XXIV, p. 97.

stations, j'ai adopté les chiffres de ce tableau, en me bornant aux dixièmes de degré centigrade, et en appliquant à ces chiffres de légères corrections, résultant de l'inspection générale des instruments faite vers la fin de 1864, d'après la table de ces corrections publiée par M. Wolf dans le préambule du second volume des observations, joint au cahier de décembre 1865. Ces corrections sont nulles pour quelques-unes des stations, et sont le plus souvent, pour les autres, de un à deux dixièmes de degré seulement, à retrancher de l'indication du thermomètre. J'ai effectué ces petites corrections toutes les fois qu'elles n'avaient pas été déjà faites. J'ai continué, pour Genève, le Grand St-Bernard et le Simplon, à donner le résultat des trois observations diurnes ordinaires, faites à 7 heures du matin, à 1 heure et à 9 heures du soir, afin que ces résultats soient comparables à ceux des autres stations, où il n'y a eu que ces trois observations.

Cette seconde année du réseau d'observations suisses offre assez d'intérêt dans la partie dont je me suis occupé, parce qu'il s'y est présenté, en divers mois, des anomalies remarquables de température, qui ont été déjà signalées par M. le professeur Plantamour, pour Genève et le Saint-Bernard, dans son Résumé des observations météorologiques faites en 1865 dans ces deux stations, publié dans le cahier d'août 1866 de nos *Archives*. Ces mêmes anomalies se sont manifestées dans le reste de la Suisse.

L'année 1865 a été, en tout, notablement plus chaude en Suisse que la précédente, et cela tient surtout à l'élévation de température des mois de janvier, d'avril et de septembre ; celle des deux derniers a exercé chez nous une influence très-favorable sur la vendange, en hâtant beaucoup la maturité du raisin. Mais le mois de mars tout

entier a été, en revanche, remarquablement froid ; il a été à Genève, en moyenne, d'un degré et demi plus froid que janvier, et de quatre degrés plus froid au St-Bernard. La chaleur étant ensuite revenue brusquement au commencement d'avril et ayant duré pendant à peu près tout le mois, il en est résulté une différence tout à fait exceptionnelle entre les températures moyennes de mars et d'avril. Cette différence, qui n'avait été généralement que de 2 à 4 degrés en 1864, et qui a été de 5 à 7 degrés en 1866, s'est élevée en 1865 de 10 à 15 degrés centigrades. D'après le compte rendu publié par M. Ernest Quetelet sur les observations météorologiques faites à Bruxelles en 1865, la différence des températures moyennes de mars et avril y a été aussi très-considérable, savoir de 10°,8 : tandis qu'elle n'a été à Rome que de 6°,6 d'après le *Bullettino Meteorologico* du Père Secchi.

Le mois de décembre 1864, le premier de l'hiver, a été sensiblement plus froid dans toutes les stations que celui de l'année précédente : mais la différence pour ce mois entre les deux années n'est que de 2 à 3 degrés, en moyenne, dans chaque station. Janvier a été, en revanche, moins froid qu'en 1864 à peu près de la même quantité, mais février a été notablement plus froid en certaines stations. Aussi, la moyenne de l'hiver est-elle plus froide au St-Bernard, et généralement dans les stations les plus élevées, qu'en 1864, tandis qu'elle l'est un peu moins dans les stations plus basses. Les températures moyennes du printemps diffèrent peu, en général, dans les deux années, par la compensation qui a eu lieu, dans la seconde, entre celles de mars et d'avril. Celles de l'été sont généralement élevées d'environ un degré de plus en 1865 qu'en 1864, et Genève ne fait pas exception sous ce rapport, la diffé-

rence entre les deux années y étant, pour l'été, de sept dixièmes de degré.

Le mois de septembre 1865 a été généralement plus chaud de 3 à 4 degrés que celui de 1864, et la différence entre les moyennes de septembre et d'octobre a été de 7 à 8 degrés en 1865. Les moyennes d'automne sont plus élevées de près de 2 degrés qu'en 1864, et diffèrent ainsi notablement en plus des moyennes annuelles, tandis qu'elles en étaient très-rapprochées en 1864. En 1865, c'est la moyenne du printemps qui se rapproche le plus de celle de l'année, tout en la surpassant d'environ un demi-degré dans le plus grand nombre des stations basses, et lui étant inférieure, au contraire, pour les stations élevées.

Il n'y a pas eu, en 1865, de moyenne annuelle obtenue à Mendrisio, Soleure, Fribourg, St-Gall, Auen, Brusio, au Weissenstein et au Grimsel; mais il y en a eu, en revanche, dans les stations nouvelles de Kœnigsfeld, d'Olten, de Frauenfeld, de Muri, de Sion, d'Interlach, de Brienz et d'Affoltern; de sorte que le nombre des stations comprises dans le tableau joint à la présente Notice est de 75, comme il l'était dans celui relatif à l'année précédente.

En comparant les moyennes annuelles des deux années dans les diverses stations, on retrouve, assez généralement, les différences signalées dans la première, entre les stations plus chaudes ou plus froides que celles situées à peu près à la même hauteur. Ainsi Montreux a continué à être une station chaude, mais la différence avec Genève n'a été que d'un demi-degré. La moyenne annuelle de Genève 10°,3 a été légèrement supérieure à celles de Bâle, Bex, Neuchâtel et Altorf, et elle s'est fort rapprochée de celle de Martigny.

La station nouvelle de Sion présente de l'intérêt par l'élévation de sa température moyenne annuelle, qui a été de 11°,2 en 1865, malgré son altitude de 536 mètres au-dessus du niveau de la mer et sa situation dans une des vallées centrales des plus hautes Alpes. Sa température moyenne a surpassé d'environ un degré celles de Bex, Morges, Bâle et Genève, situées de cent à deux cents mètres plus bas, et n'a été inférieure que de $^4/_5$ de degré à celle de Lugano, située au Sud des Alpes et plus basse de 261 mètres. L'hiver a été un tant soit peu plus froid à Sion qu'à Genève, mais les trois autres saisons y ont été notablement plus chaudes.

Les températures annuelles en 1865 des autres stations nouvelles se rapprochent assez de celles du voisinage de même altitude, sauf celle de Muri qui est plus froide. Stanz, Einsiedeln, le Sentier, Closters, Reckigen et Bevers ont continué à être des stations particulièrement froides.

Quant aux extrêmes annuels de température en 1865, c'est à Bex qu'a eu lieu, le 17 juillet, le *maximum* de chaleur, de 34°,6 centigrades, entre toutes les stations; viennent ensuite Rathausen (canton de Lucerne), Zurzach (Argovie), Sion, Berne, Neuchâtel et Coire, où le *maximum* a été de 34°,1 à 33°,0. Bellinzone, Lugano, Bâle et Genève ont eu des *maxima* moindres encore; celui de Genève a été de 31°,4 le 8 juillet.

Le *minimum* annuel absolu de température a eu lieu au Grand St-Bernard le 11 février, et a été de —27°. Viennent ensuite les stations du Julier, du St-Gothard, de Bevers, du Simplon et de Reckigen, où les *minima* ont été de —25° à —23°,6. Le *minimum* de Genève a été de —10°,6 le 12 février.

Je dois rappeler ici que la plupart des stations ne sont pas pourvues de thermomètres à index, en sorte que les extrêmes ont pu y être en réalité encore plus grands qu'ils n'ont été observés.

Le cahier de décembre 1865 des observations suisses renferme un tableau graphique des températures moyennes de deux en deux jours, comprises de décembre 1863 à novembre 1865, pour seize stations principales situées à diverses hauteurs, depuis Lugano jusqu'au Grand Saint-Bernard. Ce tableau a été dressé par M. Graberg, qui travaille avec M. Fretz au Bureau central météorologique suisse, établi à l'observatoire de Zurich sous la direction de M. Wolf. Il fait bien ressortir la simultanéité en toutes ces stations de la plupart des oscillations thermométriques, qui sont seulement, en général, plus fortes à mesure que les stations sont plus élevées. La courbe moyenne résultant de 17 années d'observations faites à Zurich, qui y est jointe, n'offre, comme on peut le comprendre, que des ondulations beaucoup plus faibles et plus graduelles.

Le cahier de janvier 1865 contient (page 98) un tableau de la température moyenne, en degrés centigrades, de chaque jour de l'année à Zurich, déduite de ces 17 années d'observations faites de 1836 à 1852, à 9 heures du matin et du soir, sous la direction de la Société zurichoise des sciences naturelles. La température moyenne du mois de janvier qui en résulte est de — 1°,35; et celle du 10 janvier, jour le plus froid de l'année, est de — 3°,76. Celle du mois de juillet est de 18°,77; et celle du 5 juillet, jour le plus chaud, de 20°,57. La température moyenne annuelle résultant de ces 17 années d'observations est de 8°,94. D'autres tableaux présentent les *minima* et *maxima* des températures moyennes diurnes

dans le même intervalle de 17 ans. Le jour le plus froid, dans cet espace de temps, a été le 14 décembre 1846, où la température moyenne diurne a été de — 15°; le plus chaud a été le 8 juillet 1845, où le thermomètre s'est élevé en moyenne à 27°,5.

On trouve aussi à la fin d'un grand nombre de cahiers du Recueil pour 1865 et 1866, une précieuse collection d'observations météorologiques faites à Bâle depuis 1827, par M. le professeur Pierre Mérian, qui a bien voulu continuer à les faire depuis l'institution du réseau suisse.

Le cahier de novembre 1865 du même Recueil contient encore, pp. 630 et 631, les températures moyennes mensuelles observées à Einsiedeln cinq fois par jour, de 1858 à 1863, ainsi que les *minima* et *maxima* mensuels. Les moyennes annuelles sont sensiblement plus élevées que celles résultant des deux années suivantes; la plus basse étant de 6°,7 centigrades en 1860 et la plus haute de 8°,9 en 1862 : tandis que les moyennes de 1864 et de 1865 n'ont été respectivement que de 5°,2 et de 5°,9. Il serait à désirer qu'on sût si le thermomètre des premières observations a été comparé avec celui des nouvelles, et si leur emplacement a été le même.

Eau de pluie et de neige.

L'année dont nous nous occupons a été, comme la précédente, une année sèche, ainsi que le remarque M. Plantamour, surtout si l'on a égard à la quantité d'eau tombée. Il n'y a presque point eu de pluie ou de neige en décembre 1864, sauf dans les stations au Sud des Alpes, et il y a eu une absence de pluie encore plus générale en avril et surtout en septembre 1865. La quantité de neige tombée à Genève a été insignifiante, et il n'y en a eu en

tout qu'un peu plus de 5 mètres au St-Bernard, au lieu de 10 mètres qui est la quantité moyenne. Sous le rapport de l'humidité atmosphérique, les mois de juin et d'octobre ont été extraordinairement secs à Genève ; il y a eu, en 1865, 83 jours clairs, 54 jours peu nuageux et seulement 156 jours couverts, au lieu de 171 qui est le chiffre moyen.

Le cahier de novembre 1865 du Recueil des observations météorologiques suisses renferme un tableau des quantités mensuelles et annuelles d'eau tombée, de décembre 1864 à novembre 1865, en 43 stations, et l'on y a placé en regard les quantités annuelles de l'année précédente. J'ai adopté, dans le tableau ci-joint, les valeurs annuelles pour 1865 de celui que je viens de mentionner, en y joignant, d'après les tableaux mensuels, les quantités d'eau tombée relatives aux autres stations, comme je l'avais fait pour l'année précédente. Quelques-unes de ces dernières présentent bien certaines lacunes d'un petit nombre de jours ou même d'un mois, et il y a, par cette raison ou par d'autres, du doute sur l'exactitude d'une ou deux valeurs mensuelles. Telles sont les stations de Kreuzlingen, Sargans, Ilanz, Faido, Zermatt, Zernetz, et à plus forte raison celle du St-Gothard, où cinq de ces valeurs sont données comme douteuses dans les tableaux mensuels. Je n'ai pas rapporté l'eau tombée dans les stations de St-Imier, Trogen, Bernina, Bernardin et Julier, où il y a eu des lacunes de plusieurs mois.

J'ai calculé, cependant, ces quantités pour quelques stations où les observations ont été incomplètes, par exemple pour le *Bernardin,* où il y a eu 1783 millimètres d'eau en huit mois, savoir : en décembre 1864 et de mai à novembre 1865. A *Brusio,* en revanche, station des

Grisons située à 777 mètres d'altitude, il n'est tombé en huit mois que 361 millimètres d'eau ; il est vrai que juillet et août n'en font pas partie, et ces deux mois ont été généralement très-pluvieux en 1865. A *Mendrisio*, il y a eu en onze mois (juillet non compris) 1447^{mm},7 d'eau tombée, et au *Marchairuz* 1707^{mm},2 en onze mois (novembre 1865 non compris). Les observations de l'année précédente indiquaient déjà de fortes quantités d'eau tombée en ces deux dernières stations, ainsi qu'au Bernardin, et une faible quantité à Brusio.

En comparant entre eux les tableaux des deux années d'observations, on trouve que, quoique en certaines localités il y ait eu plus d'eau tombée dans la seconde année que dans la première, il y en a eu un peu moins dans le plus grand nombre d'entre elles.

En 1865, c'est à la cime du Righi qu'il y a eu le plus d'eau de pluie ou de neige, savoir : 1716 millimètres, puis à Bellinzone, à Einsiedeln, à Schwytz et à Lugano ; il y en a eu comparativement bien moins au St-Bernard (1076,3 seulement). C'est à Græchen, à Gliss, à Sion, à Martigny, puis à Zernetz, Remus, Frauenfeld et Genève qu'il en est le moins tombé, savoir : pour Genève 686 millimètres dans la première année et seulement 648 dans la seconde. Il y a eu aussi dans cette dernière année moins de pluie à Stanz, à Glaris, à Montreux et à Bex, tandis qu'il y en a eu davantage à Morges et à Neuchâtel, et un peu plus à Berne et à Bâle.

Les stations les plus méridionales et les moins élevées de la Suisse, telles que Bellinzone et Lugano, sont bien plus abondantes en pluie que les autres, puisqu'il en est tombé 1395^{mm},6 à Bellinzone dans la première année et 1661,5 dans la seconde ; tandis que, à peu près à la

même altitude, les nombres correspondants pour Bâle n'ont été respectivement que de 762,4 et de 808,3. A Castasegna, station méridionale des Grisons, dont l'altitude est de 700 mètres, il y a eu dans la première année 1739^{mm},7 d'eau tombée et 1278,7 dans la seconde. Dans ces stations méridionales, c'est dans les mois de mai à août, de novembre et de décembre qu'il est tombé le plus de pluie en 1865, et il y en a eu fort peu dans les autres.

Le cahier de février 1865 du Recueil des observations suisses renferme (p. 147) un tableau des quantités d'eau de pluie ou de neige observées successivement à Zurich : d'abord par J.-J. Scheuchzer de 1708 à 1724, et par Jaques Gessner de 1740 à 1753 ; puis en 1830 et 1831 par J.-G. Horner, de 1837 à 1852 par la Société des sciences naturelles, et de 1858 à 1863 par J. Goldschmid. La moyenne des 19 premières années, comprises entre 1708 et 1753, donne 956^{mm},4 pour la quantité annuelle d'eau tombée. Celle des 24 années comprises entre 1830 et 1863 donne 1029^{mm},7. La différence notable entre ces résultats moyens montre combien il y a de variabilité dans cet élément météorologique. L'année la plus pluvieuse entre les 43 observées a été 1845, où il y a eu 1348^{mm},2 d'eau tombée ; la plus sèche 1710, où il n'y en a eu que 646,2.

Le cahier de novembre 1865 contient aussi (p. 630) les quantités mensuelles et annuelles d'eau tombée à Einsiedeln de 1858 à 1863. Ces valeurs confirment ce que les observations indiquent pour 1864 et 1865, c'est qu'il pleut et qu'il neige beaucoup en ce lieu célèbre de pèlerinage du canton de Schwytz, élevé de 910 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Le *maximum* d'eau annuelle, dans cet intervalle, y a été de 2068mm,6 en 1860 ; le *minimum* de 1293,2 en 1861. En 1865, il en est tombé 1477,9.

On peut voir, par les détails précédents, que M. Wolf cherche à joindre à la publication des nouvelles observations météorologiques suisses et de leurs résultats, celle de bonnes observations plus anciennes et encore inédites, ce qui tend à augmenter la valeur scientifique du Recueil dont il a la direction.

La publication de la troisième année des observations météorologiques du réseau suisse, de celle comprise entre décembre 1865 et novembre 1866, est déjà fort avancée. L'engagement des observateurs n'avait été pris que pour trois ans, mais la plupart ont consenti à continuer leurs observations. On a pu alors supprimer un certain nombre de stations en pays de plaine sans inconvénients notables, mais on a conservé les plus intéressantes, situées à diverses hauteurs.

Ce sera seulement au bout d'un plus grand nombre d'années qu'on pourra obtenir, par l'étude et la comparaison de l'ensemble des résultats, des données scientifiques de quelque importance ; et l'on devra de la reconnaissance, soit aux observateurs attentifs et persévérants qui les auront procurées, soit aux autorités fédérales, qui auront accordé les fonds nécessaires pour la prompte réduction et publication des observations sur lesquelles elles seront fondées.

Tableau des températures moyennes de l'année comprise entre décembre 1864 et novembre 1865, de ses quatre saisons, des extrêmes annuels de température, et des quantités annuelles d'eau de pluie ou de neige, résultant de trois observations diurnes en diverses stations suisses, ces stations étant rangées dans l'ordre de leurs hauteurs au-dessus du niveau de la mer.

Noms des Stations et des Cantons.	Hauteurs en mètres au-dessus de la mer.	Températures en degrés centigrades.							Quantités annuelles d'eau tombée en millimètres.
		Moyennes annuelles.	Hiver Décem. 1864 Février 1865	Printemps Mars-Mai.	Été Juin-Août.	Automne Septembre à Novembre	Minima annuels.	Maxima annuels.	
	m	°	°	°	°	°	°	°	mm
Bellinzone (Tessin)........	229	12,5	2,5	12,6	21,6	13,2	— 4,7	31,9	1661,5
Lugano »	275	12,0	2,5	11,8	20,9	12,9	— 4,2	30,9	1436,3
Bâle....................	281	10,0	0,0	10,5	18,4	11,0	—13,3	32,6	808,3
Zurzach (Argovie).........	355	8,8	—1,6	9,4	17,8	9,7	—13,2	33,5	812,9
Königsfeld »	371	9,4	—1,3	10,2	18,5	10,4	—12,6	31,2	935,9
Morges (Vaud)...........	380	10,1	0,3	9,9	18,5	11,6	—12,1	30,7	902,8
Montreux (Vernex, Vaud)...	385	10,8	1,4	10,7	19,1	12,2	—11,4	28,6	892,8
Arau (Argovie)....	389	8,6	—1,7	9,3	17,4	9,5	—13,7	30,3	777,1
Olten (Soleure)...........	393	8,9	—1,5	9,5	17,8	9,9	—12,8	30,8	889,5
Schaffhouse..............	398	9,0	—1,9	9,7	18,0	10,2	—14,1	30,9	769,1
Frauenfeld (Thurgovie).....	406	8,7	—1,8	9,2	17,8	9,7	—13,0	30,6	617,1
Genève (observatoire)......	408	10,3	0,7	10,1	18,8	11,4	—10,6	31,4	686,3
Zug....................	429	9,5	—1,1	9,8	18,1	11,2	—12,9	30,5	1016,7
Kreuzlingen (Thurgovie)....	430	8,9	—1,6	9,3	17,6	10,4	—14,9	28,6	698,1 ?
Bex (Vaud)..............	437	10,1	0,1	10,5	18,3	11,4	—14,2	34,6	668,1
Rathausen (Lucerne).......	440	8,8	—1,8	9,4	17,9	9,7	—15,0	34,1	884,1
Winterthur (Zurich).......	441	8,5	—2,0	8,9	17,5	9,5	—16,0	32,3	695,5

Noms des Stations et des Cantons.	Hauteurs en mètres au-dessus de la mer.	Températures en degrés centigrades.							Quantités annuelles d'eau tombée en millimètres.
		Moyennes annuelles.	Hiver.	Printemps.	Été.	Automne.	Minima annuels.	Maxima annuels.	
	m	°	°	°	°	°	°	°	mm
Altorf (Uri)	454	10,0	— 0,4	10,6	17,9	11,5	—11,5	31,5	1036,2
Stantz (Underwald)	456	8,1	— 1,6	8,5	16,6	8,9	—13,9	29,5	1157,2
Glaris	472	8,6	— 1,9	9,0	16,9	10,4	—15,1	32,9	1226,4
Altstætten (St-Gall)	474	9,4	— 1,8	10,0	17,9	11,5	—13,8	30,2	995,4
Zurich (observatoire)	480	9,2	— 1,6	9,7	18,0	10,5	—13,8	29,9	724,7
Muri (Argovie)	483	8,7	— 1,9	9,3	17,4	10,0	—14.3	30,5	820,5
Neuchâtel (observatoire)	488	9,7	— 0,8	10,0	18,5	11,2	—13,0	33,0	828,5
Martigny (Valais)	498	10,4	— 0,4	10,9	19,3	11,7	—12,9	31,9	597,4
Sargans (St-Gall)	501	9,8	— 0,8	10,3	17,5	12,0	—15,8	30,3	801,1 [1]
Sion (Valais)	536	11,2	0,4	11,8	20,0	12,6	—11,6	33,2	537,6
Marschlins (Grisons)	545	8,9	— 1,3	9,3	16,8	10,7	—16,8	31,8	920,8
Schwytz	547	8,8	— 1,2	9,0	16,9	10,5	—13,6	28,2	1464,3
Interlach (Berne)	567	8,9	— 1,2	9,3	17,6	10,0	—11,8	29,9	941,9
Bœtzberg (Argovie)	571	8,4	— 2,8	9,0	17,2	10,2	—14,6	30,3	785,7
Berne (observatoire)	574	8,3	— 2,3	8,7	17,2	9,5	—15,8	33,0	732,1
Brienz (Berne)	586	9,0	— 0,5	9,4	17,2	10,1	—13,0	28,7	819,7
Dizy (Vaud)	588	9,0	— 1,1	9,3	17,8	10,6	—13,9	31,1	885,4
Reichenau (Grisons)	597	8,8	— 1,3	9,1	17,0	10,4	—15,3	30,8	904,7
Coire »	603	9,5	— 0,8	10,0	17,7	11,3	—14,0	33,0	712,0

[1] Mars omis pour l'eau tombée.

Noms des Stations et des Cantons.	Hauteurs en mètres au-dessus de la mer.	Températures en degrés centigrades.							Quantités annuelles d'eau tombée en millimètres.
		Moyennes annuelles.	Hiver.	Printemps.	Été.	Automne.	Minima annuels.	Maxima annuels.	
	m	°	°	°	°	°	°	°	mm
Lohn (Schaffhouse)........	645	8,0	— 3,4	8,7	16,8	9,9	—15,7	30,3	749,4
Gliss (Valais).............	688	9,2	— 1,4	9,5	18,2	10,1	—15,0	31,9	502,6
Castasegna (Grisons).......	700	9,8	0,6	9,6	18,4	11,2	- 7,9	27,2	1278,7
Thusis »	703	8,4	— 2,5	9,1	17,2	10,0	—15,4	31,7	862,2
Ilanz »	704	8,2	— 2,9	8,9	17,5	9,5	—14,9	31,3	755,4 ?
Faido (Tessin)............	722	10,0	0,4	10,0	18,7	11,0	— 8,0	29,8	1248,3 ?
Vuadens (Fribourg)........	825	7,2	— 2,8	7,1	15,8	8,8	—16,5	28,1	1312,9
St-Imier (Berne)..........	833	7,6	— 2,3	7,7	15,8	9,2	—15,1	29,7	
Uetliberg (Zurich).........	874	7,4	— 3,1	7,9	15,5	9,4	—17,1	29,3	763,5
Affoltern (Berne)..........	882	7,5	— 2,8	7,8	15,9	9,3	—17,0	28,4	1057,2
Einsiedeln (Schwytz).......	910	5,9	— 4,1	5,7	14,5	2,8	—19,3	27,3	1477,9
Trogen (Appenzell)........	926	7,5	— 2,5	7,4	15,4	9,5	—16,2	29,8	
Chaux-de-Fonds (Neuchâtel) .	980	6,7	— 3,1	6,2	15,2	8,4	—19,3	28,9	1320,4
Sentier (Vaud)	1024	5,2	— 4,0	3,8	13,4	7,6	—25,6	27,8	1302,7
Engelberg (Underwald).....	1024	5,9	— 3,6	5,7	14,0	7,4	—20,4	25,9	1347,4
Ste-Croix (Vaud)	1092	6,6	— 2,5	6,1	14,4	8,6	—18,2	25,8	1196,8
Wildhaus (St-Gall)........	1104	6,4	— 3,1	5,9	14,3	8,4	—18,4	26,4	921,2
Beatenberg (Berne)	1150	6,8	— 2,0	6,4	14,3	8,7	—17,7	27,7	1147,9
Chaumont (Neuchâtel)......	1152	6,3	— 2,7	6,0	13,8	8,0	—19,9	28,0	855,1
Closters (Grisons)........	1207	5,1	— 4,1	4,4	12,8	7,2	—19,4	27,0	930,4

Noms des Stations et des Cantons.	Hauteurs en mètres au-dessus de la mer.	Températures en degrés centigrades.							Quantités annuelles d'eau tombée en millimètres.
		Moyennes annuelles.	Hiver.	Printemps.	Été.	Automne.	Minima annuels.	Maxima annuels.	
	m	°	°	°	°	°	°	°	mm
Churwalden (Grisons)	1213	6,5	— 2,3	6,2	14,1	8,0	—17,8	27,7	1032,8
Remüs »	1245	5,7	— 5,3	5,9	14,8	7,3	—17,8	29,0	579,4
Reckigen (Valais)	1339	4,5	— 5,7	3,8	14,0	6,0	—23,6	27,8	728,7
Platta-Medels (Grisons)	1379	5,3	— 3,5	4,5	12,9	7,1	—19,7	27,6	1217,4
Andermatt (Uri)	1448	3,4	— 5,7	3,2	11,3	4,7	—21,9	28,7	1126,0
Splugen (Village, Grisons) . . .	1471	3,8	— 6,4	3,4	12,7	5,4	—19,5	28,5	1370,9
Zernetz »	1476	3,7	— 7,7	3,2	13,2	6,1		28,8	576,0 ?
Zermatt (Valais)	1613		— 5,1	3,1	12,3		—20,9	24,9	464,7 [1]
Græchen »	1632	4,7	— 4,2	3,7	13,1	6,1	—20,4	26,2	465,2
Bevers (Grisons)	1715	1,6	—10,1	1,1	11,5	3,9	—24,3	27,4	772,2
Stalla »	1780	3,1	— 5,7	2,0	11,2	5,1	—20,1	26,9	1096,9
Rigi-Culm (Schwytz)	1784	2,7	— 5,2	1,6	9,3	5,1	—21,8	25,0	1716,0
Sils-Maria (Grisons)	1810	1,8	— 8,3	1,1	10,9	3,6	—21,8	24,6	974,1
Bernina-la-Rœsa »	1873	2,2	— 7,2	1,1	11,0	4,0	—19,6	20,6	
Simplon (Hospice, Valais) . . .	2008	1,5	— 7,1	— 0,1	10,2	3,0	—24,0	23,3	828,6
Bernardin (Village, Grisons) .	2070	0,9	— 7,6	— 0,2	8,9	2,8	—22,9	19,1	
St-Gotthard (Hospice, Tessin)	2093	—0,3	— 8,7	— 1,7	7,3	1,7	—25,0	21,8	1041,3 ?
Julier (Grisons)	2204	0,0	— 9,0	— 1,0	8,1	2,1	—25,0	22,6	
St-Bernard (Couvent, Valais) .	2478	—1,0	— 9,0	— 2,8	6,7	1,1	—27,0	20,2	1076,3

[1] Décembre manque pour l'eau tombée.

SUR

L'INFLUENCE DE LA VAPORHÉSION

DANS LES

EXPÉRIENCES SUR L'ABSORPTION DE LA CHALEUR

PAR

M. G. MAGNUS

(TRADUCTION[1].)

M. Tyndall, comme on sait, a publié à Londres, en même temps que moi, en 1861, un mémoire sur le passage de la chaleur au travers des différents gaz. Nos expériences, indépendantes les unes des autres et exécutées d'après des méthodes différentes, ont conduit à ce résultat que les gaz diffèrent beaucoup les uns des autres quant à leur aptitude à laisser passer la chaleur : ainsi certains gaz, remplissant un tube de 1 mètre de longueur, ne laissent passer que moins de la moitié de la chaleur incidente, tandis que l'air atmosphérique, dans les mêmes conditions, n'intercepte le passage que d'une manière à peine appréciable. Sous ce rapport, nos résultats s'accordaient d'une manière générale, mais à l'égard de l'air saturé de vapeur d'eau ils présentaient de très-grandes différences. M. Tyndall[2] avait trouvé que l'air saturé de vapeur absorbe la chaleur en proportion énorme, à tel point que, si l'on compare un atome isolé d'oxygène ou d'azote avec un atome isolé de vapeur d'eau, ce dernier absorbe 16000 fois plus de

[1] *Poggend. Annalen*, t. CXXX.
[2] *Philos. Magaz.* XXV, p. 203.

chaleur que l'un des premiers. Plus tard [1], il a avancé que l'air humide contenu dans un tube de 4 pieds de longueur absorbe 4,2 à 6 pour cent de la chaleur qui y pénètre. De mon côté, au contraire, j'avais trouvé qu'on ne peut établir avec certitude aucune différence entre le pouvoir absorbant de l'air saturé d'humidité et de l'air parfaitement sec à la température de la chambre.

Depuis lors, M. Tyndall a tiré de ses observations sur l'absorption de la chaleur par la vapeur d'eau des conséquences très-importantes pour la météorologie, et d'autres physiciens l'ont suivi dans cette voie. Toutefois ce n'est pas en raison de ces conséquences que la question d'absorption a de l'importance, car, ainsi que je l'ai déjà montré dans une autre occasion, elles sont applicables quand elles se rapportent, non à de la vapeur d'eau proprement dite ou transparente, mais à de la vapeur partiellement condensée sous la forme de brouillard, état auquel la moindre différence de température amène la vapeur transparente. Tout l'intérêt consiste à savoir si l'absorption par l'air humide est réellement beaucoup plus considérable que par l'air sec. M. Tyndall a, sans aucun doute, opéré aussi consciencieusement que possible, et moi j'ai le sentiment d'avoir fait de même; si donc, malgré cela, nos résultats présentent d'aussi grandes différences, il faut nécessairement supposer que des circonstances inconnues ou encore inaperçues ont influé sur nos expériences. Jusqu'à présent nous nous sommes en vain efforcés, l'un et l'autre, à les découvrir. Nous avons dû nous borner à confirmer nos résultats par de nouvelles expériences en en variant le point de départ. C'est

[1] *Philos. Magaz.* XXVI, p. 36.

dans ce but qu'au commencement de l'année dernière j'ai publié un mémoire[1] sur l'influence qu'exerce l'absorption de la chaleur sur la formation de la rosée; travail dans lequel j'ai comparé le pouvoir rayonnant de l'air sec et de l'air saturé de vapeur d'eau. J'ai démontré à cette occasion d'une manière incontestable que tant que l'air contient des vapeurs transparentes, c'est-à-dire des vapeurs proprement dites, on n'observe aucune différence appréciable entre le pouvoir absorbant de l'air sec et de l'air saturé de vapeurs; qu'une différence ne se fait remarquer à l'égard de l'absorption comme du rayonnement que lorsque les vapeurs commencent à se séparer sous forme de brouillard. M. Tyndall a persisté à maintenir[2] son opinion, puis un troisième physicien s'est présenté comme arbitre dans cette question.

M. le prof. Wild, à Berne, a fait des recherches très-étendues selon la méthode de M. Tyndall, et a en tous points confirmé ses données. Tous ceux qui liront le mémoire[3] de M. Wild seront convaincus que, comme on devait l'attendre d'un physicien aussi distingué, ses résultats peuvent inspirer une entière confiance. Pour moi, je l'avoue, c'est ce qui m'est arrivé, et je ne pouvais pas comprendre comment l'on pourrait faire accorder ses données avec mes observations à l'égard desquelles j'avais la conscience d'avoir mis en œuvre tous les soins possibles et écarté toute idée préconçue. J'ai dès lors résolu de reprendre toute la question et, en premier lieu, de répéter les expériences de M. Wild. La chose n'était pas difficile, car ce savant a indiqué avec beaucoup de précision les dimen-

[1] *Poggend. An.* CXXVII, p. 613. — *Archives*, 1866, t. XXVII, p. 89.
[2] *Philos. Magaz.* XXXII, p. 118. — *Archives*, ibid., p. 94.
[3] *Poggend. An.* CXXIX, p. 57. — *Archives*, ibid., p. 233.

sions de son appareil, ce que je constate avec reconnaissance, car, ainsi que je le montrerai plus loin, les dimensions jouent un grand rôle. Voici la disposition de cet appareil :

Des deux côtés de la pile thermo-électrique, munie de ses réflecteurs, on a adapté horizontalement un tube de laiton poli en dedans et en dehors, de 60 centimètres de long et 6 centimètres de diamètre, de telle façon que l'axe des deux tubes fût sur la même ligne que l'axe de la pile thermo-électrique. Sur le prolongement de cette ligne, et perpendiculairement à cette direction, on a placé devant chaque tube un cube de fer-blanc noirci dans lequel, à l'aide d'une lampe, on maintenait de l'eau en ébullition. Ces cubes servaient de sources de chaleur; ils étaient à 10 centimètres de l'extrémité de chaque tube dont les autres bouts se trouvaient à la même distance des réflecteurs de la pile. Entre l'un de ces tubes et le cube, on avait posé un écran, rendu mobile par une vis, au travers duquel on pouvait laisser passer les rayons émis par le cube en telle proportion que le rayonnement et l'échauffement de la pile fût identique des deux côtés, et que le galvanomètre en communication avec la pile fût au repos. A 15 centimètres de chaque extrémité, les tubes de laiton étaient munis d'ouvertures latérales, pour l'introduction et l'abduction de l'air. Les deux ouvertures latérales les plus rapprochées de la pile étaient reliées par des tubes de caoutchouc avec deux tubes, dont l'un contenait des fragments de pierre ponce humectés avec de l'acide sulfurique, tandis que l'autre renfermait des fragments de pierre ponce humectés avec de l'eau. Ces tubes garnis de pierre ponce étaient réunis d'autre part à l'aide d'un tube en Y à un appareil de caoutchouc pour comprimer l'air.

semblable à ceux qu'on emploie pour le chalumeau. Cette disposition permettait d'envoyer dans l'un des tubes de l'air sec et dans l'autre de l'air humide. Pour que l'air amené se répandît dans les tubes et ne s'échappât pas par l'extrémité ouverte la plus rapprochée, les deux autres ouvertures latérales étaient mises en communication avec une pompe pneumatique. Plus tard, M. Wild a préféré réunir les ouvertures latérales les plus éloignées de la pile avec la pompe à compression, et celles qui sont les plus rapprochées avec la pompe pneumatique aspirante.

Au lieu de la pompe à compression en caoutchouc, j'ai employé un double soufflet d'une dimension un peu plus grande, et j'ai remplacé par des fragments de verre les morceaux de pierre ponce humectés avec de l'eau ; pour tout le reste, l'appareil que j'ai employé était parfaitement semblable à celui qui a été décrit. L'air a toujours été introduit, dans mes expériences, par l'ouverture latérale la plus éloignée, à moins que le contraire ne soit indiqué. J'ai obtenu ainsi les mêmes résultats que M. Wild : échauffement de la pile par l'insufflation d'air sec et refroidissement par l'air humide, seulement les déviations du galvanomètre étaient plus grandes qu'il ne les indique, probablement parce que mon instrument était plus sensible que le sien. Pour la même raison il n'était pas nécessaire de faire passer simultanément de l'air sec dans l'un des tubes et de l'air humide dans l'autre, puis de changer ; il suffisait de faire passer successivement dans le même tube l'air sec et ensuite l'air humide. En outre, je n'ai pas tardé à reconnaître que la pompe aspirante était superflue, car les déviations étaient les mêmes qu'on en fît usage ou non. Il n'y a pas lieu, au reste, de s'en étonner quand on considère la faible quantité d'air qui

peut être entraînée par une pompe de cette nature, et le peu d'effet qu'elle peut exercer sur un tube de 6 centimètres de diamètre ouvert aux deux bouts.

Cependant j'ai bientôt réussi à constater que la contradiction entre ces derniers résultats et mes précédentes expériences était due à une circonstance qui avait échappé à mon attention. L'expérience qui a donné lieu à cette remarque avait été disposée en vue de la considération suivante.

Quand on n'introduit point d'air dans les deux tubes de laiton, et que l'aiguille du galvanomètre est au repos, les deux côtés de la pile thermo-électrique reçoivent la même quantité de chaleur. Si maintenant on insuffle simultanément dans les deux tubes de l'air sec, ou bien de l'air humide, le galvanomètre devra rester au repos, dans la supposition que les deux tubes se remplissent uniformément de l'air insufflé. Cependant l'expérience a démontré que, tandis que le galvanomètre reste au repos quand on introduit de l'air sec, il n'en est plus de même avec l'air humide, ce qui prouve que dans le second cas les deux côtés de la pile ne recevaient plus la même quantité de chaleur. En changeant les tubes, modifiant les ajutages, etc., je me suis assuré que la cause de cette différence ne réside pas dans une différence dans l'affluence ou la distribution de l'air dans les tubes, mais à une différence dans la nature des parois des tubes. Si, par exemple, l'intérieur de l'un des tubes était légèrement noirci, la différence entre les deux espèces d'air devenait encore bien plus considérable qu'avant.

Pour que la pile reçût par le tube noirci autant de chaleur que par le tube poli, il fallait que ce dernier fût fortement masqué par l'écran. En examinant isolément

l'effet de l'air introduit dans chacun de ces tubes, on a trouvé qu'avec le tube poli l'échauffement produit par l'air sec et le refroidissement produit par l'air humide étaient considérables, tandis que l'effet était très-diminué avec le tube noirci. Cette différence se présentait quand même la pile recevait par les deux tubes la même quantité de chaleur, et qu'il entrait dans le tube noirci beaucoup plus de chaleur que dans le tube poli, en partie masqué par l'écran. Après cette expérience, il ne pouvait plus y avoir de doute que la paroi du tube n'exerçât une influence notable sur ce phénomène.

La présence de l'écran, qui ne laissait pénétrer la chaleur dans le tube poli qu'à travers un segment de cercle, ne pouvait pas être la cause du plus grand effet de l'air humide dans ce tube : toutefois, pour lever aussi cette objection, l'écran a été mis complétement de côté, et l'on a atténué la quantité de chaleur incidente en éloignant davantage le cube servant de source de chaleur. Comme on pouvait le prévoir, le résultat est resté le même.

L'intensité de l'effet dont il est question ici et dans ce qui suit, se rapporte toujours à la totalité de la chaleur qui arrive à la pile dans chaque cas particulier, et ne doit pas être confondue avec la déviation observée du galvanomètre. Pour déterminer cette chaleur totale, on masquait un des côtés de la pile à l'aide d'un écran, et l'on observait la déviation du galvanomètre produite par le rayonnement effectué sur l'autre côté. Pour plus de sécurité, on masquait ensuite aussi l'autre côté, et l'on prenait la moyenne des deux résultats. La déviation du galvanomètre était presque toujours tellement grande que la graduation ne suffisait pas pour l'observation. Dans cette occurence, on adaptait au circuit principal un circuit se-

condaire, dont la résistance était telle à l'égard de celle du galvanomètre, que, lorsque le circuit secondaire faisait partie du circuit principal, les déviations étaient seize fois plus petites. Je ne mentionnerai pas dans la suite les valeurs calculées en centièmes et obtenues par ce procédé, parce qu'elles ne méritent pas assez de confiance ; car, dans des expériences qui reposent sur l'insufflation d'air dans un tube, on ne peut jamais s'attendre à obtenir le même nombre en répétant plusieurs fois une observation. Il fallait se borner à répéter chaque expérience après un certain laps de temps et dans différentes conditions pour atteindre une certitude suffisante. Dans les expériences en question, le refroidissement dans le tube poli s'élevait environ à 3,75 pour cent, et dans le tube noirci intérieurement seulement à 1,4 pour cent environ.

Les mêmes résultats qu'on obtenait avec les tubes de laiton, se produisaient également bien avec des tubes en tôle étamée, que j'ai employés à plusieurs reprises dans ces expériences.

J'ajouterai en outre que les effets susmentionnés ne se produisaient pas seulement en opérant avec de la chaleur obscure, mais aussi avec des sources de chaleur d'une température très-élevée. Quand on remplaçait le cube d'eau, placé devant le tube en expérience, par un disque de platine chauffé presque au blanc à l'aide d'une flamme de Bunsen, les phénomènes se manifestaient d'une manière toute semblable.

Les expériences suivantes montrent aussi combien l'influence qu'exerce la paroi du tube est considérable. Quand un tube de métal était fortement noirci intérieurement, avec du noir de fumée, l'effet de l'air insufflé était précisément l'opposé de celui qui se produisait dans les tubes

polis. Il y avait augmentation d'échauffement par l'introduction d'air humide, et diminution par l'air sec. Le même effet se produisait lorsque, au lieu de noir de fumée, le tube était tapissé de velours de coton. La quantité totale de chaleur qui pénètre à travers un tube de cette nature est généralement assez minime, aussi l'augmentation de chaleur résultant de l'insufflation d'air humide n'est pas considérable, mais elle existe bien certainement. Je ne me hasarderai pas à l'exprimer en centièmes, parce qu'elle dépend encore plus de circonstances fortuites que le refroidissement dans les tubes polis, mais elle s'élevait au moins à 1 pour cent.

Avec un tube de carton parfaitement uni intérieurement, on ne remarquait ni échauffement, ni refroidissement. Mais si l'on y introduisait de l'acide carbonique, il en résultait un refroidissement qui pouvait s'élever à 7 pour cent de la chaleur totale qui arrivait à la pile. Dans un autre tube de carton qui était garni intérieurement de papier un peu grossier, l'insufflation d'air humide produisait, comme pour le tube de velours, un échauffement de la pile. Le même tube de carton, garni intérieurement de feuilles d'étain très-minces, produisait l'effet contraire, c'est-à-dire qu'il se comportait comme les tubes de métal.

Si, d'après cela, il est hors de doute que la paroi du tube détermine l'échauffement ou le refroidissement lors de l'insufflation de l'air humide, il s'agit de savoir comment elle produit cet effet.

J'ai déjà observé [1] précédemment que des corps solides, métalliques ou non métalliques, attirent les vapeurs d'eau de l'air ambiant et les condensent sur leur surface. Ces vapeurs condensées ne peuvent pas, il est vrai, être

[1] *Poggend. Annalen*, CXXI, p. 174.

aperçues par l'œil, mais l'échauffement qui se produit quand une paroi se trouve en contact avec de l'air humide à la même température, et le refroidissement correspondant avec l'air sec, n'autorisent pas d'autre explication. Il s'opère évidemment une condensation semblable de vapeur d'eau contre la paroi intérieure du tube, quand on y introduit de l'air humide, et l'on peut prouver que c'est sur cette circonstance que reposent les effets observés par M. Wild et auparavant par M. Tyndall.

Je dirai d'abord comment je me suis assuré que les tubes se recouvrent d'eau dans toute leur longueur lorsqu'on y introduit de l'air humide. Quand on dispose à l'extérieur d'un des tubes de métal employés une pile thermo-électrique linéaire, de façon que la ligne de contact soit parallèle à l'axe du tube, elle s'échauffe toutes les fois qu'on fait passer dans le tube de l'air humide, et se refroidit quand ensuite on y introduit de l'air sec. Cet échauffement se manifeste non-seulement lorsque la pile thermo-électrique linéaire est en contact à l'extérieur avec le tube sur un point opposé à l'ouverture par laquelle l'air afflue dans le tube, mais aussi quelle que soit sa position, pourvu qu'elle soit entièrement en contact avec le tube.

Si l'on considère combien l'eau absorbe plus de chaleur qu'une surface métallique polie, il devient évident que la paroi intérieure d'un tube absorbera une bien plus grande proportion de rayons incidents quand elle est, pour ainsi dire, tapissée d'eau que lorsqu'elle est parfaitement sèche. Or, plus le tube absorbe de chaleur, moins il en réfléchit et moins il en parvient à la pile. Ce qui rend probablement l'effet de l'eau encore plus grand dans ces tubes, c'est qu'elle ne forme pas une couche continue, mais de

petits amas isolés qui dispersent dans toutes les directions la faible quantité de chaleur qui n'a pas été absorbée.

La quantité de chaleur provenant exclusivement de la réflexion de la paroi intérieure d'un tube de laiton poli, rempli d'air sec, et parvenant à la pile, était six fois plus grande que celle qui était reçue en laissant le tube de côté. Mais si les $^6/_7$ de la chaleur que reçoit la pile proviennent d'une réflexion, toute diminution dans cette réflexion doit avoir pour conséquence une diminution de l'échauffement.

Les particules de charbon qui recouvrent le tube noirci exercent une action absorbante semblable à celle des particules d'eau condensées, mais à un plus haut degré; d'où il résulte que l'absorption qu'elles exercent est peu ou point augmentée par l'eau déposée. C'est ce qui explique pourquoi on n'observe point de refroidissement en introduisant de l'air humide dans le tube fortement noirci ou dans celui garni de velours. Comme nous l'avons vu, c'est, au contraire, un échauffement qui se produit et qui résulte évidemment de la condensation des vapeurs contre la paroi du tube. Car si, sans faire usage d'une source de chaleur quelconque, on chasse de l'air humide dans un de ces tubes, la pile s'échauffe néanmoins. Les tubes de métal polis ne permettent que rarement d'apprécier cette chaleur; probablement parce que, aussitôt mise en liberté, elle se disperse dans toute la masse du métal. Cette déperdition n'ayant pas lieu avec le noir de lampe qui est mauvais conducteur, et encore moins avec le velours, on observe un échauffement encore plus grand avec le tube revêtu de velours qu'avec le tube noirci.

Cet échauffement n'était pas dû à un transport de l'air humide jusqu'à la pile, car dans ce cas il aurait dû se manifester avec tous ces tubes, puisqu'ils étaient tous sen-

siblement de la même dimension. Je dois d'ailleurs ajouter que la chaleur engendrée par l'air humide dans ces tubes, quand la source de chaleur n'était pas employée, était plus considérable que l'augmentation de l'échauffement résultant de l'insufflation de l'air en employant les cubes chauffés.

Bien que les expériences que je viens de mentionner me semblassent mettre suffisamment en évidence la manière dont se comporte la vapeur d'eau, il m'a paru désirable de multiplier les preuves de cette action en modifiant le procédé. Dans ce but, j'ai disposé un tube de façon à pouvoir facilement le maintenir à des températures déterminées. Un tube de tôle, des dimensions précédemment indiquées, a été entouré d'un autre tube en tôle plus large et concentrique. L'intervalle des deux tubes, qui était de 18 millimètres à peu près, pouvait être rempli d'eau à une température déterminée. Pour empêcher autant que possible le refroidissement de l'eau, le tube extérieur était entouré d'un tissu de laine épais, lâche et faisant plusieurs tours. Quand ce double tube, très-uni à l'intérieur, était à la même température que celle de l'air insufflé, il se comportait absolument comme le tube de laiton. Mais quand la température de la paroi intérieure était de quelques degrés plus bas que celle de l'air humide insufflé, la température de la pile diminuait dans une telle proportion que l'aiguille du galvanomètre sortait complétement de la graduation. Cet abaissement de température prend plus de temps pour atteindre son maximum que lorsque la température du tube est la même que celle de l'air insufflé. Il est évident que dans les deux cas le tube se remplissait dans le même temps, cependant la grande quantité de vapeur qui se déposait contre le tube le plus froid,

exigeait une plus grande quantité d'air humide qui prenait plus de temps à entrer. Si, lorsque le maximum de refroidissement était atteint, on introduisait de l'air sec, l'eau s'évaporait de nouveau, et l'augmentation de température qui en résultait était un peu plus rapide que la diminution dans l'expérience précédente, mais elle exigeait d'un autre côté beaucoup plus de temps que lorsque le tube était à la même température que l'air insufflé, parce qu'une grande quantité d'air sec était nécessaire pour absorber l'eau formée.

Lorsque la température du double tube était plus élevée que celle de l'air insufflé, l'effet était dans le sens qu'indique M. Wild, mais d'autant plus faible que la température du double tube était plus élevée. Ainsi, quand cette dernière était de 38° C., et qu'on introduisait alternativement de l'air sec et de l'air humide à la température de la chambre, 16° à 17° C., on observait encore un refroidissement par l'entrée de l'air humide et un échauffement avec l'air sec. Très-surpris de ce résultat, j'ai encore modifié l'expérience, et j'ai fini par me convaincre qu'il s'opère réellement une condensation de vapeurs contre la paroi du tube, lors même que l'air humide insufflé est encore très-éloigné du point de saturation.

Dans ce but, on a placé une pile thermo-électrique dans un espace dont la température était maintenue d'une manière constante à 38° C. L'un des côtés de la pile était parfaitement bien fermé par un couvercle ; aussi se passait-il un certain temps avant que les deux côtés eussent atteint la même température, et que le galvanomètre se trouvât à la position du repos. A ce moment on soufflait contre le côté ouvert de la pile de l'air à la même température qu'elle : ce qui s'effectuait au moyen d'un tube en

laiton de 2 millimètres de diamètre et de 4 mètres de long, qui était recourbé plusieurs fois dans l'intérieur de l'espace chauffé à 38° C. Dans ce long trajet, l'air s'échauffait de manière à acquérir la même température que la pile. Lors même que l'air à son entrée dans le tube étroit n'était saturé de vapeur d'eau qu'à 16° C., la pile s'échauffait, tandis qu'avec de l'air sec elle se refroidissait. Cet effet se produisait, soit que la pile fût recouverte de noir de fumée, soit qu'elle fût parfaitement polie et métallique. Il y avait, par conséquent, une condensation des vapeurs de l'air, dont la température était à 22° C. au-dessus du point de rosée et de plus contre une paroi qui se trouvait à la même température que l'air.

Je me suis proposé d'étudier sous toutes ses faces cette adhérence des vapeurs contre des parois solides, et je désignerai ce curieux phénomène sous le nom de *vaporhésion*.

Comme le refroidissement que produit l'insufflation d'air humide dans un des tubes de laiton susmentionnés est dû à une variation de la réflexion contre la paroi du tube, on pouvait s'attendre à un refroidissement plus grand encore s'il n'arrivait à la pile que de la chaleur réfléchie exclusivement. Au moyen d'un miroir métallique, plan ou concave, il est facile de ne faire tomber sur la pile que de la chaleur réfléchie. Mais quelles que soient les modifications qu'on ait fait subir à la disposition des expériences, on n'a point observé de différence dans l'échauffement de la pile, que ce soit de l'air humide ou de l'air sec qu'on soufflât contre le miroir. La raison pour laquelle la réflexion d'un miroir de ce genre se comporte autrement que celle de la paroi du tube, repose, à ce que je crois, sur ce que la condensation des vapeurs contre le miroir,

frappé par l'air, ne peut pas s'effectuer aussi complétement que dans le tube rempli d'air humide; cette différence tient en outre spécialement à ce que contre le miroir il n'y a qu'une réflexion, tandis que dans le tube chaque rayon éprouve plusieurs réflexions. Les rayons qui se trouvent dans un plan passant par l'axe du tube ne sont réfléchis qu'un petit nombre de fois; pour tous les autres, le nombre est plus considérable, surtout quand l'angle que fait le plan de réflexion avec le plan passant par l'axe et le point d'émission est un peu grand, parce qu'alors tous les rayons de cette catégorie sont réfléchis si souvent qu'ils forment, pour ainsi dire, des spirales qui s'étendent sur toute la longueur de la paroi intérieure du tube. Comme la diminution d'intensité qu'éprouvent les rayons par la réflexion contre une paroi tapissée d'eau s'accroît par des réflexions répétées dans une progression plus forte que le nombre de ces dernières, il est évident que l'eau condensée dans le tube par la vaporhésion exerce une action toute différente de celle qui se dépose sur le miroir. Mais si la température du miroir était de quelques degrés inférieure à celle de l'air que l'on soufflait contre lui, le refroidissement produit par l'air humide était incontestable. On pouvait alors, presque chaque fois, observer un précipité d'eau sur le miroir.

Jusqu'à présent je n'ai examiné, outre les vapeurs d'eau, que celles de l'alcool; comme les vapeurs qui sortent du tube se répandent dans la salle où l'on opère, presque toutes les autres vapeurs ne peuvent être étudiées. Celles de l'alcool offrent les mêmes phénomènes que les vapeurs d'eau, mais à un plus haut degré. Le refroidissement produit par l'insufflation d'air chargé d'alcool dans un des tubes de laiton, les cubes fonctionnant comme

source de chaleur, était tellement considérable qu'on ne pouvait pas le mesurer par les moyens ordinaires, et qu'il fallait intercaler le circuit secondaire. Dans le tube noirci, comme dans le tube de velours, l'effet était beaucoup plus fort qu'avec de l'air contenant de la vapeur d'eau, cependant on n'avait pas besoin d'avoir recours au circuit secondaire. Le tube de carton, qui par l'insufflation d'air aqueux n'avait exercé que peu ou point d'effet, produisait un refroidissement sensible avec de l'air alcoolisé.

Dans le double tube, l'effet des vapeurs d'alcool était aussi beaucoup plus prononcé que celui des vapeurs d'eau. Quand la température de ce tube était 20°,25 C. et celle de l'air saturé de vapeurs d'alcool seulement 13°,5 C., le refroidissement était encore assez grand pour que le galvanomètre déviât en dehors de la graduation et nécessitât l'introduction du circuit secondaire; le résultat était le même quand le tube était à 37° C., c'est-à-dire à une température de 23°,5 C. plus élevée que celle à laquelle l'air avait été saturé de vapeurs d'alcool.

L'action énergique des vapeurs d'alcool dénotait chez ces dernières une grande vaporhésion qui se manifestait même alors que les vapeurs étaient chassées dans le tube, toute source de chaleur étant mise de côté: on obtenait un échauffement avec le tube de laiton aussi bien qu'avec le tube noirci et le tube de velours, et pour tous les trois il était plus grand qu'avec les vapeurs d'eau, particulièrement pour le tube de laiton dans lequel les vapeurs d'eau n'avaient produit aucun effet. Mais les vapeurs d'alcool absorbent en outre les rayons calorifiques; l'expérience suivante en est la preuve.

Quatre tubes de laiton étroits, de 8 millimètres de diamètre et 66 centimètres de longueur, sont placés horizon-

talement les uns à côté des autres à 12 millimètres de distance. Chaque tube est percé de quarante petits trous sur une ligne et à 12 millimètres les uns des autres. L'une des extrémités de ces tubes est fermée, l'autre les relie tous les quatre au moyen d'un tube transversal qui est en communication avec le soufflet. Comme tous les petits trous des tubes sont dirigés en haut, on obtient par l'insufflation une multitude de courants d'air fins et allant de bas en haut; ce système de tubes se met à la place du tube de laiton, entre la pile et le cube, de telle façon que les rayons de chaleurs ne peuvent parvenir à la pile qu'en traversant ces courants d'air.

Quand l'air insufflé est saturé de vapeurs d'alcool, il produit un refroidissement considérable: s'il ne contient point de vapeurs, la pile reprend la température qu'elle avait avant l'expérience. Dans cette disposition, où l'on ne fait pas intervenir de corps réfléchissant, le refroidissement de la pile ne peut être occasionné que par l'absorption des rayons de chaleur par les vapeurs d'alcool.

Avec la vapeur d'eau, le résultat est tout autre, car en faisant passer alternativement dans ce système de tubes de l'air saturé de vapeur d'eau et de l'air parfaitement sec, on n'observe aucune variation dans l'échauffement de la pile. Cette expérience a été répétée un très-grand nombre de fois et toujours avec le même résultat.

Si l'on remplaçait l'air humide par de l'acide carbonique, on obtenait régulièrement un refroidissement.

Il me semble que ce résultat confirme parfaitement mes anciennes assertions, savoir qu'on n'est nullement fondé à admettre une différence certaine entre le pouvoir absorbant de l'air humide et de l'air sec.

Si le grand refroidissement qu'ont obtenu M. Tyndall

et M. Wild par l'introduction d'air humide dans les tubes de métal poli qu'ils ont employés est dû, comme ils l'affirment, à une absorption correspondante de la chaleur par la vapeur d'eau, il faudrait que ce refroidissement se présentât au même degré avec tous les tubes, quelle que soit la nature de leur surface intérieure. Le chemin parcouru par les rayons dans des tubes polis intérieurement est à la vérité plus grand que dans les autres, en raison de la réflexion multiple, mais il ne peut pas en résulter une augmentation dans l'absorption, et, comparée à la quantité totale de chaleur qui traverse le tube, la portion absorbée devrait rester à peu près la même. En aucun cas il ne pourrait se produire une augmentation de chaleur au lieu d'une diminution, comme cela a lieu avec les tubes fortement noircis ou garnis de velours et même avec un des tubes de carton.

Ce qui se passe dans les tubes, comme nous l'avons vu, est assez compliqué. En premier lieu, la condensation des vapeurs, ou la vaporhésion, met de la chaleur en liberté contre la paroi du tube ; cette chaleur, il est vrai, n'est pas appréciable dans les tubes de laiton poli, mais elle l'est très-bien dans les tubes mauvais conducteurs de velours ou recouverts de noir de fumée. Les particules d'eau déposées diminuent en second lieu la réflexion de la chaleur, mais il parvient en outre de l'air à la pile, et selon que cet air est sec ou humide, il produit un refroidissement ou un échauffement.

C'est seulement en employant des tubes de certaines dimensions déterminées, comme ceux avec lesquels M. Tyndall et M. Wild ont opéré et qui ont servi dans ces recherches, qu'il ne parvient point d'air à la pile. Mais

même avec ces dimensions, il faut un certain concours de circonstances.

M. Wild mentionne lui-même, dans la seconde série de ses recherches, qu'il a toujours introduit l'air dans le tube par l'ouverture latérale la plus éloignée de la pile, parce qu'ainsi il évitait l'influence perturbatrice des courants d'air contre la pile. Mais lors même que l'introduction de l'air s'effectue par l'ouverture la plus éloignée, il pénètre encore de l'air jusqu'à la pile, pour peu que le tube se trouve un peu rétréci à l'extrémité voisine de cette dernière, soit par la présence d'un anneau dans le tube ou d'un diaphragme fixé sur le bord. Plus l'ouverture du tube est petite, plus il arrive d'air à la pile.

Si le diaphragme est placé à l'extrémité la plus distante de la pile, il parvient moins d'air à celle-ci que dans le cas inverse, et si les deux extrémités sont munies de diaphragmes, il n'arrive pas plus d'air à la pile que lorsqu'il n'y en a qu'un à l'extrémité la plus voisine.

Cette circonstance pourrait paraître extraordinaire, mais il ne faut pas perdre de vue que la présence de diaphragmes aux extrémités du tube ne change pas la distribution de l'air dans l'intérieur tant que les ouvertures sont assez grandes pour que l'air puisse s'écouler dans la même proportion qu'il afflue. Il arrive donc la même quantité d'air à chaque extrémité du tube, qu'il s'y trouve un diaphragme ou non. Plus l'ouverture de ce dernier est étroite, plus est grande la rapidité avec laquelle l'air s'échappe et la distance à laquelle il est entraîné.

Avec les tubes de 6 centimètres de diamètre, munis d'un diaphragme à l'extrémité la plus rapprochée de la pile, il parvenait encore de l'air à cette dernière, même en insufflant l'air très-faiblement, ou quand les robinets

de la conduite étaient à moitié fermés, aussitôt que le diamètre du diaphragme était un peu plus petit que celui du réflecteur de la pile, lequel avait 56 millimètres d'ouverture. Ainsi, en soufflant de l'air humide dans un tube disposé de cette manière, et sans employer une source de chaleur, il se produisait, pas régulièrement il est vrai, mais presque chaque fois, un échauffement.

J'ai aussi essayé de rendre visible le mouvement de l'air dans le tube. Dans ce but, je faisais passer l'air dans un vase contenant un peu d'acide chlorhydrique concentré, de là dans un autre contenant de l'ammoniaque, puis je chassais le mélange chargé de sel ammoniac dans un tube de verre offrant les mêmes dimensions que les tubes de laiton et avec la même pression que dans les expériences précédentes. Le brouillard de sel ammoniac se répandait à sa sortie des ouvertures étroites à une bien plus grande distance que lorsqu'il sortait par des ouvertures plus larges, et confirmait ainsi l'effet cité plus haut. Ces expériences ont montré en outre que le mouvement de l'air est très-facilement dérangé dans les tubes larges, et que la méthode ne se prête pas, par conséquent, à des recherches dans lesquelles on voudrait donner des mesures exactes.

Je regrette de n'avoir pas employé dans mes premières expériences des tubes dont le diamètre fût plus grand que celui du réflecteur de la pile ; car j'aurais peut-être déjà alors obtenu des résultats analogues à ceux de M. Tyndall et de M. Wild. Mais comme les tubes larges ne se remplissent pas d'air aussi complétement que les étroits, et que pour étudier l'absorption il n'est pas précisément nécessaire d'opérer avec des tubes larges, je n'ai pas été conduit à étendre mes recherches sur ces derniers.

Avant de terminer, j'ai encore une remarque à faire sur le mémoire de M. Wild, dans lequel il rapporte qu'il a fait des expériences en suivant une méthode qu'il désigne par mon nom. Malgré toutes les modifications qu'il lui a fait subir, il n'a pas réussi à obtenir des résultats exacts, d'où il conclut, en employant une tournure de phrase flatteuse pour moi, qu'il se pourrait bien que cette méthode fournît dans mes mains de meilleurs résultats. J'ai la conviction que ce qui réussit dans mes mains doit également réussir dans celles de M. Wild. Or la méthode en question lui aurait certainement fourni des résultats satisfaisants si l'appareil qu'il a employé n'eût pas différé du mien dans ses parties essentielles. Si, comme je l'ai fait, pour éviter les plaques de sel gemme ou d'autres substances fermant le tube, on utilise l'une des extrémités de ce dernier comme source de chaleur et qu'on place la pile à l'intérieur, il est évident que, pour éviter les courants d'air, il faut que le tube soit vertical et qu'on l'échauffe à sa partie supérieure. Toutefois, même dans cette position, quand le tube est de métal, la partie de la paroi la plus rapprochée de l'extrémité chauffée, ne tarde pas à s'échauffer aussi et envoie des rayons à la pile. L'air qui est en contact avec cette paroi s'échauffe en même temps, et donne lieu à des courants d'air qui font varier la température de la pile en rendant l'observation impossible. Pour éviter ces courants d'air, je me suis servi de tubes de verre et j'ai rendu aussi mince que possible la partie supérieure qui doit être chauffée. J'ai aussi évité d'employer un appareil à ébullition en métal. A sa place j'ai adapté un vase mince en verre soudé à la lampe sur l'extrémité du tube qui devait être chauffée, de telle façon

que le fond le bouchât complétement. La section transversale de ce fond ne s'élevait guère qu'au quart de celle du tube, afin que l'échauffement fût limité à une surface aussi petite que possible.

J'ai cru que cette disposition pouvait être suffisamment comprise par l'inspection de la figure que j'ai donnée de l'appareil. J'ajouterai à cela que, chaque fois qu'on faisait le vide ou qu'on introduisait l'air, on attendait le temps nécessaire pour que le tube et la pile eussent entièrement repris la température de l'espace ambiant, ce qui exigeait ordinairement plus d'un quart d'heure; pendant ce temps le verre situé dans le voisinage de l'appareil à ébullition reprenait aussi la température ambiante. Quand après cela on versait de l'eau bouillante dans l'appareil, et qu'on y faisait passer de la vapeur pour l'entretenir en ébullition, on pouvait commencer l'observation, en ouvrant l'écran situé à l'intérieur du tube, au bout d'un temps très-court pendant lequel l'échauffement du verre à proximité de l'appareil était à peine sensible. Je suis persuadé qu'avec un appareil disposé de cette façon, M. Wild aurait obtenu les mêmes résultats que moi. Toutefois je reconnais qu'en raison de sa fragilité et de l'attente prolongée qu'il nécessite entre une observation et la suivante, cet appareil n'est ni facile ni agréable à employer, et bien qu'il laisse encore beaucoup à désirer au point de vue de la certitude des résultats, il a été utile en ce qu'il m'a permis d'établir avec exactitude les particularités de la vapeur d'eau. C'est principalement les diaphragmes situés dans l'intérieur du tube qui ont contribué à ce résultat, parce qu'ils ne permettaient qu'à un petit nombre de rayons réfléchis de parvenir jusqu'à la pile.

Ce changement, jusqu'ici inconnu, du pouvoir réfléchissant que produisent les vapeurs d'eau condensées contre la paroi du tube, mais invisibles à l'œil, me semble être la cause de la différence entre les résultats de M. Tyndall et les miens, différence qui serait enfin expliquée : on comprend très-bien, en effet, que M. Tyndall, comme M. Wild, ait attribué le grand refroidissement produit par l'insufflation de l'air humide à une absorption correspondante par la vapeur d'eau. Mais je suis persuadé que si M. Tyndall et M. Wild répétaient maintenant les expériences avec des tubes fortement noircis intérieurement ou garnis de velours, ils reconnaîtraient que la vapeur d'eau ne possède pas un pouvoir absorbant aussi considérable qu'ils le croyaient, et que M. Wild renoncerait à voir dans cette absorption l'explication principale des phénomènes météorologiques.

PHÉNOMÈNE GLACIAIRE DANS LE MAINE

PAR

M. L. AGASSIZ

(*Atlantic Monthly*, février et mars 1867.)

TRADUCTION.

Les géologues ont été amenés à l'idée de l'ancienne extension des glaciers, par deux ordres de faits qu'au premier abord ils n'ont pas rattachés à l'action de la glace. Le premier est l'existence, au centre de l'Europe et en Angleterre, de blocs erratiques provenant de régions plus septentrionales que celles où ils se trouvent actuellement. Le second est la présence, sur la plaine suisse et sur les pentes du Jura, de blocs analogues disséminés qui, au contraire, ont progressé du sud au nord, et tirent leur origine des Alpes. Avant qu'elles eussent attiré l'attention des hommes de la science, ces masses éparses étaient si généralement regardées comme étrangères au sol, qu'en Allemagne elles étaient désignées dans le langage populaire sous le nom d'*enfants trouvés* (Fündlinge).

La première interprétation de ce phénomène, qui se présenta naturellement quand on en commença l'étude systématique, fut un transport par l'eau. On supposa que des irruptions des mers du nord avaient entraîné jusque dans les contrées voisines des masses détachées des rochers scandinaves, et que de grands lacs alpins avaient rompu leurs digues naturelles et s'étaient répandus dans les plaines, y emportant et y disséminant des débris de

tout genre. Mais on trouva bientôt que cette théorie ne s'accordait pas avec les faits ; que les vallées des Alpes, par exemple, ont envoyé des blocs erratiques non-seulement au nord, mais au sud et à l'ouest, et que la distribution de ces blocs est souvent si régulière et leur position si isolée sur de hautes élévations, qu'il faut exclure l'idée que des cataclysmes marins ou d'immenses courants d'eau aient pu les arranger ainsi. La nature est un si bon maître qu'au moment où nous abordons une série de faits, nous sommes instinctivement, et presque sans en avoir conscience, conduits à les rattacher à d'autres phénomènes et à en trouver ainsi les véritables relations. Les blocs erratiques des plaines furent bientôt comparés à ceux des vallées plus élevées ; on trouva que la glace elle-même était un agent moteur : et il est établi maintenant que le transport de débris par les glaciers existants et la manière dont ils les distribuent concordent exactement avec le phénomène erratique de l'Europe centrale et de l'Angleterre. Autour de ces résultats vinrent bientôt se grouper un grand nombre de faits corrélatifs : tels que l'accumulation de débris sous le glacier et sur ses côtés, aussi bien qu'à sa surface ; la trituration des premiers de ces matériaux jusqu'à ce qu'ils soient réduits en une masse pâteuse et homogène ; l'arrangement régulier des derniers qui tombent successivement sur le glacier, et sont charriés par lui, leurs angles restant aigus, parce qu'ils ne sont soumis à aucune pression ; les traces, les stries, les rainures et le poli des surfaces sur lesquelles le glacier a passé, aussi bien que des pierres et des cailloux contenus dans sa masse et frottés contre les rocs situés au-dessous ; l'accumulation de fragments poussés en avant par la progression de la glace ou portés sur ses

bords, et formant des moraines à l'extrémité et sur les côtes du glacier. L'étude de ces résultats combinés de l'action glaciaire est maintenant devenue une partie essentielle du sujet; les géologues les ont observés et examinés partout où ils ont suivi le phénomène erratique. De ces comparaisons s'est dégagée par degré la conviction que, de même que les glaciers des Alpes étaient autrefois plus étendus, de même aussi les champs de glace du nord, maintenant confinés dans les régions arctiques, s'étendaient une fois à de grandes distances plus au sud. Je crois que peu de géologues rejetteraient aujourd'hui la théorie glaciaire, exprimée sous cette forme générale.

Mais tandis que l'ancienne extension des glaciers autour des centres montagneux est maintenant généralement admise, beaucoup de savants, ayant une autorité incontestable en géologie, sont opposés à une théorie plus générale encore, supposant l'existence de couches de glace de plusieurs milliers de pieds d'épaisseur, se mouvant au travers de continents entiers sur des plaines unies et ouvertes, aussi bien que dans les vallées. On va même jusqu'à penser, si on ne le dit pas ouvertement, qu'en fait cette prétendue période glaciaire est une pure fiction, bonne tout au plus à prendre sa place parmi les contes des Mille et une Nuits; que l'on n'a observé aucune moraine dans l'Amérique du Nord, et que ce qui a été attribué à l'action des glaciers terrestres sur ce continent, est simplement l'œuvre de banquises échouées contre des côtes qui ont été soulevées plus tard, en sorte que les blocs erratiques déposés d'abord par les glaces flottantes le long des côtes se trouvent maintenant dans les terres à une grande distance de la mer. D'après cette idée, tous les phénomènes erratiques de l'Amérique du Nord, les

couches étendues de dépôts, les moraines continues et proéminentes formées de débris meubles, les grands blocs erratiques disséminés, les surfaces rayées, polies et striées seraient l'œuvre des glaces flottantes, provenant alors comme aujourd'hui des régions arctiques.

S'il en est ainsi, nous devons nous attendre à trouver dans les traces de cette soi-disant action des glaces une direction allant de la côte à l'intérieur.

Voyons maintenant si cette conclusion s'accorde avec les faits. Je ne veux pas répéter ici ce que j'ai dit dans une précédente publication sur les phénomènes glaciaires en Amérique comparés à ceux d'Europe, exposant en même temps les raisons qui me font croire à l'ancienne existence d'immenses masses de glace se mouvant sur une plaine ouverte presque aussi rapidement que dans une vallée inclinée, et par les mêmes causes que celles qui déterminent la progression des glaciers suisses le long des vallées des Alpes. Ce travail a paru en juin 1864[1]. J'avais compté le faire suivre d'un autre sur l'aspect des débris erratiques dans ce pays, et en septembre je me rendis dans l'État du Maine afin d'examiner les dépôts sur les îles et la côte de cet État, et de les comparer avec ceux de la côte du Massachussets. Mon but était d'aller directement à Mont-Désert: mais la perte de mon bagage me retint à Bangor. Cet accident, qui m'avait paru d'abord un contre-temps fâcheux, tourna finalement à bien ; car, tandis que j'étais retenu à Bangor, je rencontrai un ami qui, apprenant le but de mon voyage, me proposa de passer ces deux ou trois jours d'attente à faire avec lui une course du côté du nord, le long des Crâses ou Dos d'âne *(Horsebacks)*, dans la direction de Mont-Katahdin.

[1] Atlantic Monthly.

Je ne demandai pas mieux : car une première inspection, faite en me promenant à cheval dans le voisinage d'Aurora, m'en avait révélé le caractère glaciaire, et je les rattachai immédiatement à mes recherches actuelles. C'était une occasion qui m'était donnée d'étendre mes observations sur un plus vaste champ. Comme je m'étais déjà assuré dans ce voyage, et dans quelques autres précédentes courses de Portland à Bangor, que les traces d'action glaciaire se rencontraient sur toute cette région, cette excursion devait me permettre de les suivre à une grande distance au nord, puis au retour de les observer le long de la côte en descendant. J'appuie sur le caractère de ces recherches, parce que, quelque nombreuses qu'aient été les observations locales de cette espèce, je ne sache pas que jamais de grands espaces de terrain aient été systématiquement étudiés, la boussole à la main, en vue de s'assurer de la continuité de ces traces dans des directions définies. J'acceptai donc volontiers l'offre de mon ami, et je dois à cet incident quelques journées agréables et la connaissance de quelques faits importants et, je crois, nouveaux qui font le sujet de cet article.

C'était à la fin du mois de septembre, au moment du changement de coloration des feuilles. Les bois présentaient leurs glorieuses teintes d'or et d'écarlate, coupées çà et là par un hêtre pourpre ou par un arrière-plan de pnis d'un vert sombre. Quelque familiarisé que l'on soit avec l'éclat du feuillage d'automne dans le voisinage des villes, il faut le voir dans une forêt s'étendant à perte de vue et revêtant le pays de son arc-en-ciel de couleurs, si l'on veut en apprécier complétement la beauté merveilleuse. Qu'on nous permette de dire ici quelques mots sur ce changement de couleur qui est aussi constant qu'aucun

autre caractère botanique (chaque espèce d'arbre ayant ses teintes spéciales qui ne se retrouvent pas chez d'autres). Non-seulement chaque espèce a sa série de couleurs déterminée, mais chaque arbre raconte sa propre histoire plus ou moins distinctement par la teinte que prend le feuillage en mûrissant. — Une branche plus faible ou plus jeune peut avoir revêtu sa parure d'automne et être sur le point de perdre ses feuilles, tandis que le reste de l'arbre n'est pas altéré. Un seul érable écarlate ou un chêne rouge nous présente souvent la plus belle combinaison de teintes, passant du vert du milieu de l'été par le jaune et l'orange jusqu'au rouge; de la même manière une seule feuille peut mûrir inégalement, sa surface verte étant rayée ou tachée d'écarlate ou d'or, bien des jours avant que toute la feuille ait changé. Ces différences permettent d'étudier la marche de la maturation. En essayant de déterminer la cause de ces changements, il ne faut pas oublier qu'ils se manifestent d'une manière locale, et font aussi leur apparition sur des arbres particuliers plus tôt que sur d'autres. Ils se produisent quelquefois si tôt dans la saison qu'il est impossible d'admettre l'idée assez répandue qu'ils sont causés par la gelée. La température ne descend pas à 10 ou 15 degrés au-dessus du point de congélation pendant un mois et plus, après que plusieurs de nos arbres ont revêtu leurs brillantes teintes d'automne. La marche suivie est, sans aucun doute, semblable à celle de la maturation des fruits, particulièrement des fruits charnus qui tournent du vert au jaune, puis au pourpre ou au rouge : comme les pommes, les pêches, les prunes, les cerises, etc. Le changement de couleur coïncide avec des changements dans la constitution chimique de la plante: et cette comparaison entre la matu-

ration du feuillage et du fruit semble d'autant plus naturelle que les fruits ne sont, comme on le sait, qu'une modification des feuilles, revêtant de plus hautes fonctions et une application spéciale dans la fleur, de manière à produire ce que nous appelons un fruit. La marche par laquelle les feuilles, en mûrissant, prennent leur couleur définitive est aussi constante et spéciale que pour les fruits. L'exactitude avec laquelle les cerises revêtent leurs teintes variées de rouge, s'assombrissant parfois jusqu'au noir, ou les prunes leur couleur pourpre, ou les pêches leur nuance d'un rose velouté, ou les pommes leurs teintes vertes, rousses, brunes et rouges, n'est pas plus invariable que l'ordre dans lequel les différentes espèces d'érables, de chênes, de hêtres, de bouleaux ou de frênes prennent leurs teintes caractéristiques. L'inégalité dans la maturité du feuillage auquel il a déjà été fait allusion se retrouve aussi dans les fruits. Çà et là on voit mûrir prématurément une pomme, une poire ou une pêche isolée, tandis que tous les autres fruits restent verts ; ou une branche séparée amener à maturité les fruits dont elle est chargée avant toutes les branches qui l'entourent. Sans aucun doute, l'éclat du changement aux États-Unis, comparé avec celui des autres pays, est dû en partie à la sécheresse du climat : et en fait on a observé que certaines fleurs européennes prennent des teintes plus foncées lorsqu'elles sont transplantées en Amérique. Mais je crois que l'on doit chercher la cause prédominante dans le caractère spécial de certaines plantes ou arbres de l'Amérique. La vigne du Canada, qui est très-cultivée en France et en Allemagne par exemple, devient d'un brillant écarlate dans un jardin européen comme dans les bois d'où elle tire son origine.

Mais revenons aux phénomènes glaciaires. — Tout au commencement de notre voyage, nous suivîmes l'un de ces Dos d'âne très-longtemps après avoir quitté Bangor, en nous dirigeant sur Oldtown; en outre nous examinâmes un certain nombre de rides du même genre, courant parallèlement à la première.

Leur nom de Dos d'âne (*Horsebacks*) suffit pour les décrire; ce sont, en effet, des hauteurs en forme de selles avec des côtés inclinés et un sommet aplati. Elles sont composées de matériaux meubles de dimensions variées; en général, elles ne présentent pas d'une manière bien marquée un arrangement intérieur régulier, quoiqu'on aperçoive quelques traces d'une stratification imparfaite. Quelquefois elles suivent horizontalement, avec une petite différence de niveau, la direction d'une couche rocheuse; ailleurs elles semblent avoir fondé elles-mêmes la base qui les supporte, étant composées des mêmes éléments homogènes qui couvrent les plaines étendues sur lesquelles elles courent avec une aussi grande régularité que si elles reposaient sur une base solide. Le plus long de ces Dos d'âne — et ils s'étendent parfois, comme je l'ai dit, pendant plusieurs milles — se dirige principalement du nord au sud, quoiqu'il soit un peu tortueux, suivant rarement une ligne parfaitement droite. Ils présentent incontestablement le caractère des moraines, et cependant ce ne sont pas tout à fait des moraines dans le sens ordinaire du mot; mais plutôt des rides ou amas de matières glaciaires entassées sous cette forme singulière, comme si elles avaient été déplacées par quelque pression latérale. Si ces rides avaient été entraînées et accumulées sur le bord du glacier, on ne les trouverait pas dans leur position actuelle. Elles diffèrent aussi des moraines propre-

ment dites par leurs matériaux arrondis, contenant des pierres rayées et polies, tandis que les moraines sont surtout composées de fragments anguleux. Elles ne peuvent pas non plus avoir été accumulées par des courants d'eau; car elles se présentent dans des positions telles que tout courant passant sur le pays, loin de produire un tel arrangement, les aurait, au contraire, entraînées, ou tout au moins désagrégées et nivelées. En fait, ces Dos d'âne sont identiques aux débris amassés sous les glaciers actuels et amenés à l'état d'une pâte homogène par l'effet de la pression et du mouvement de progression. J'appellerai des accumulations de ce genre *moraines de fonds*, c'est-à-dire moraines formées complétement sous le glacier et reposant immédiatement sur le roc ou le sol placé au-dessous. Naturellement des masses de débris gisant sous une grande couche de glace qui se meut régulièrement dans la même direction sur des surfaces rocheuses et d'un niveau inégal, ne peuvent pas conserver la même épaisseur partout. Çà et là le poids de la masse superposée pressera plus dans une direction que dans une autre, rassemblant ainsi les matériaux divisés, les roulant en rides qui suivent principalement la direction du mouvement. De temps à autre, des pressions inégales de ce genre peuvent entasser ces matériaux au sommet d'une arête rocheuse, ou les accumuler à une certaine hauteur sur la pente. Nous avons vu que les Dos d'âne, quoique inégaux et sinueux, sont en général dirigés du nord au sud; mais parfois aussi ils vont de l'est à l'ouest. Tel est le cas lorsqu'une moraine a été poussée en avant par l'extrémité d'un glacier se mouvant vers le sud, et ensuite laissée en place sans changement par suite du retrait du glacier vers le nord. Je conçois que de tels Dos

d'âne, courant de l'est à l'ouest, peuvent être comparés à des moraines terminales qui, comme on le sait, doivent leur origine à des oscillations de l'extrémité frontale du glacier, poussant en avant une masse de matériaux, les accumulant sous la forme d'une crête transversale et se fondant ensuite à quelque distance en arrière. — J'ai déjà montré, dans des publications précédentes, comment ces murs sont disposés, formant souvent des rides concentriques les unes aux autres, chacune indiquant un pas en arrière fait par le glacier. Quelquefois le sommet des Dos d'âne est si large et si égal que les gens de la campagne les regardent comme des routes naturelles et y établissent leurs chemins. Ils sont, en fait, tellement symétriques qu'ils ont été pris pour des remparts indiens élevés artificiellement. Le plus parfait que j'aie vu s'étend à travers la commune de Lagrange, entre Bangor et Mont-Katahdin; il est approximativement dirigé du nord au sud.

En laissant les Dos d'âne et la contrée ouverte le second jour de notre voyage, nous entrâmes dans une région plus boisée qui nous amena à travers les communes de Lagrange et de Brownville aux montagnes d'Ebeeme, au pied desquelles se trouvent les forges de Katahdin. L'endroit est non-seulement très-pittoresque, mais des plus intéressants relativement aux phénomènes glaciaires. Au nord des forges, il y a deux rangées de collines : l'une à l'est dont les saillies les plus proéminantes sont appelées, l'une le Horseback et l'autre le Spruceback, tandis qu'à l'ouest des sommités correspondantes ont été nommées Iron Mountain et Chairback. Ces deux rangées sont séparées par une dépression appelée le Golfe, dans lequel, entre Horseback et Iron Mountain, se trouve un petit lac. Là, un observateur exercé reconnaîtra immédiatement l'ac-

tion d'un glacier, dans deux périodes successives de son histoire. Dans la direction de Iron Mountain et de Chairback, on peut voir à cent pieds et plus au-dessus du niveau du lac une ancienne moraine latérale, plus ou moins désagrégée, marquant un ancien niveau glaciaire. A une hauteur beaucoup moins grande, en réalité à un point peu au-dessus du milieu de la vallée, on voit une magnifique moraine terminale en forme de croissant, qui s'étend transversalement à l'extrémité sud du lac. Ce mur retient les eaux s'écoulant de toute la vallée et forme ainsi un lac; cependant cette digue n'est pas parfaitement hermétique, car un petit courant s'échappe à travers, juste en son milieu. Evidemment cette moraine est une accumulation de matériaux divisés, poussés en avant par le grand glacier local qui remplissait une fois le Golfe, dans un temps où la glace était circonscrite dans les limites de la vallée même. Il y a cependant à l'est et à l'ouest des moraines latérales reposant sur un niveau plus haut, et montrant l'épaisseur extraordinaire du glacier à une époque encore plus ancienne. Cette structure est presque identique avec celle des accumulations glaciaires dans la vallée qui contient actuellement le glacier supérieur de l'Aar en Suisse. A son extrémité se trouve une grande moraine en forme de croissant, correspondant pour la taille et la forme presque exactement à celle des forges de Katahdin. Les débris jetés de chaque côté de la vallée, à droite et à gauche, s'étendant plus en avant que la moraine terminale et à un niveau plus élevé que la surface actuelle de la glace, peuvent être comparés aux plus hautes moraines latérales de cet ancien glacier du Maine. En un mot, si la glace disparaissait subitement de la vallée où se trouve le glacier de l'Aar, le môle de pierres et de débris qu'il a con-

struit autour de lui serait presque identique avec celui du Golfe aux forges de Katahdin. Dans les deux cas, les moraines latérales d'un niveau plus élevé indiquent une phase ancienne dans l'histoire du glacier, correspondant à l'époque où la glace était plus épaisse; tandis que la moraine terminale signale un retrait du glacier. Comme le Golfe est une localité intéressante pour l'étude des anciens phénomènes glaciaires du Maine, je dois en indiquer les localités avec plus de précision, de manière à permettre à d'autres observateurs de vérifier mes assertions. A l'est de l'hôtel se trouve une éminence, sur laquelle sont situées les fonderies. Cette éminence fait elle-même partie de la moraine; mais c'est du bord du lac, en regardant du côté des fonderies, que l'on peut le mieux juger de son caractère. Dans cette position, le côté intérieur abrupt de la muraille en forme de croissant se trouve en face de l'observateur.

Les traces que ce glacier local a laissées dans deux phases de son existence, ne sont pas plus distinctes que ne le sont celles de la grande couche de glace dans laquelle tous les petits glaciers étaient une fois confondus sur toute cette région. Et ce n'est pas là seulement qu'il en est ainsi. J'ai suivi les traces de sa marche vers le sud depuis les forges de Katahdin à Bangor, et de là jusqu'au bord de la mer. Chaque surface naturelle de roc est usée par son passage, et même au haut des montagnes la rondeur et le poli de leurs sommets atteste qu'elles ne formaient pas un obstacle à sa progression. Quelques géologues, en particulier Sir Ch. Lyell, ont supposé que la période glaciaire a commencé par l'extension de glaciers locaux provenant de centres particuliers. Les caractères spéciaux du plus grand développement du phénomène

glaciaire m'ont convaincu, au contraire, que ce développement a dû précéder dans le cours des temps tous les glaciers locaux, et que ces derniers ne sont que les restes des grandes couches de glace, qui ont subsisté plus longtemps dans des vallées plus élevées et mieux protégées. Il est évident qu'une pareille masse de glace, dont l'épaisseur et l'étendue ont laissé des traces incontestables, aurait en s'avançant balayé et nivelé tous les vestiges de glaciers locaux, toute accumulation formée précédemment. Je conclus, par conséquent, que les phénomènes locaux ont été les derniers à se produire, et qu'ils ont été le résultat du retrait de plus grandes couches de glace continue. Mon opinion est que la période glaciaire s'est produite sur une échelle gigantesque, à peu près comme les chutes de neige de nos hivers actuels; et qu'elle a disparu de la même manière, laissant des dépôts locaux de glace partout où la température était favorable à leur conservation.

Je peux dire, sans aller trop loin, que le phénomène glaciaire s'étend sur toute la superficie de l'État du Maine, partout où il n'y a pas de cause évidente de sa disparition. — Un mot d'explication toutefois ne sera pas inutile, pour faire comprendre que mon assertion n'est pas exagérée, à ceux qui me suivraient sur le même terrain, s'attendant peut-être à trouver les traces glaciaires à chaque pas le long de la route, et à voir les surfaces polies aussi brillantes et glissantes qu'une plaque métallique ou une tablette de marbre. D'abord, toutes les espèces de roches n'admettent pas le même degré de poli. Une pierre sablonneuse, grisâtre et friable ne peut être polie dans aucune circonstance. Il n'y a que les plus belles roches granitiques qui conservent dans cette région des surfaces polies et très-distinctement striées; et même sur celles-ci

les stries sont souvent cachées par l'accumulation du sable, ou occasionnellement détruites par des détériorations, là où le roc n'est pas assez dur pour résister aux influences atmosphériques. Les matériaux meubles eux-mêmes, qui ont servi comme de l'émeri à rayer, polir et canneler la surface du sol, peuvent souvent la recouvrir et empêcher de la voir. Le talent du géologue consiste à retrouver ces marques de place en place, sur les surfaces où elles étaient une fois continues. Lorsque je dis que j'ai suivi les traces glaciaires, la boussole à la main, du nord au sud, sur une longueur d'une centaine de milles, je ne veux pas dire que je ne les ai jamais perdues de vue pendant tout cet espace : mais simplement qu'on peut suivre à de certaines distances, sur l'ensemble de la surface rocheuse, une série de lignes qui courent toujours du nord au sud, à moins qu'elles ne soient dérivées, comme nous allons voir, par quelque cause locale, ordinairement explicable par l'inspection des lieux. Si elles disparaissent sur la rive nord d'un courant d'eau, elles reparaissent sur la rive sud ; si elles sont cachées quelque temps sous des terrains recouverts de végétation, on les retrouve plus loin ; et ainsi, en faisant la part des interruptions naturelles et inévitables, on peut dire à bon droit qu'elles étaient continues sur tout le pays. Les surfaces glaciaires — pour exprimer en un seul mot l'action combinée des glaciers sur les rochers sur lesquels ils se meuvent — présentent les formes les plus variées : parfois elles sont plates, parfois elles se relèvent en pentes inclinées. Mais qu'elles soient plus ou moins proéminentes, elles sont toujours arrondies en forme de dômes, et les plus grandes rides, comme les stries plus fines, sont invariablement droites. Nous ne trouvons jamais de rides sinueuses ou

se bifurquant sous l'influence des inégalités de la dureté du roc, ou bien de fissures proexistantes, comme c'est le cas partout où les rochers sont travaillés par l'eau, ou plutôt par le sable et les pierres mises en mouvement par l'eau.

Pendant que nous en sommes sur le sujet des phénomènes glaciaires en général, et afin de ne pas interrompre trop fréquemment la relation de mon voyage, j'indiquerai ici quelques-unes des localités de l'État du Maine où les traces glaciaires sont plus distinctes, me bornant, vu le nombre, à celles qui sont les plus remarquables. A l'est de Portland, il y a une quantité de couches où ces traces sont bien conservées, et elles existent aussi sur quelques surfaces rocheuses dans les îles de la baie. On rencontre fréquemment entre Yarmouth et Lewiston des bancs de rocs, dont la surface est polie et striée du nord au sud. Ces bancs sont en partie couverts par des entassements *morainiques*. A l'ouest de Lewiston, le long du petit Androscoggin, il y a des schistes argileux grossiers, distinctement striés de la même façon. A l'est de Lewiston, le long du lac Winthrop, on trouve des surfaces d'un schiste argileux entrecoupé de dikes de grès vert qui portent aussi des marques caractéristiques, et une immense moraine médiane dans la même localité ne saurait échapper à la vue. A quelques milles à l'ouest de West-Waterwille, une moraine terminale ou frontale est jetée à travers le goulet d'un lac, formant une barrière qui a donné naissance à cette nappe d'eau. A moitié chemin entre Waterville et West-Waterville, il y a de belles surfaces polies et striées. A Clinton, aussi bien qu'entre Etna et Newport, les marques sont très-distinctes. Dans toutes ces localités, les stries courent exactement du nord au sud.

A l'ouest de Bangor, le pays est ondulé et plutôt plat. Là les roches moutonnées sont nombreuses, avec des surfaces polies, sur lesquelles les stries et les cannelures sont très-distinctes, mais portent généralement au nord-nord-ouest sur des lits de roches schisteuses dirigés au nord-est. Dans le voisinage immédiat de Bangor, spécialement près du lac Pushaw, les roches moutonnées sont très-étendues et présentent un caractère particulièrement instructif. Ces collines ondoyantes sont formées de minces lits redressés de schistes argileux, échelonnés, dans une position verticale et dirigés à l'est-nord-est. Des stries, des cannelures et des sillons de toute dimension, quelquefois très-distincts, quelquefois moins visibles, mais toujours rectilignes et courant droit au nord, traversent la tranche de ces lits à angle droit avec les plans de stratification. Il est évident qu'ici il ne peut y avoir confusion des traces glaciaires avec des lignes de structure ou des fentes dans les strates, car elles ne courraient pas à angle droit avec la stratification de la roche elle-même; ou avec des sillons creusés par l'eau, car ils auraient suivi les strates au lieu de les croiser; ni avec quelque déplacement des couches se mouvant l'une sur l'autre, idée qui a été quelquefois mise en avant pour expliquer l'aspect de ces marques sur des surfaces horizontales. Il n'y a pas ici de trace des saillies angulaires qui auraient dû résulter de la projection de ces rocs stratifiés. Toute la région est nivelée et s'abaisse doucement en une plaine ondulée.

En faisant mes investigations dans cette localité, je ne pouvais que me rappeler les critiques du plus grand géologue de l'époque, Léopold de Buch, sur la théorie glaciaire, alors dans son enfance, et le ridicule jeté par lui sur l'idée que les rocs polis et striés de la vallée de Hasli

avaient été façonnés par la glace. Il considérait ces phénomènes comme les effets naturels du retrait de masses en fusion et en voie de refroidissement, retrait qui pouvait produire quelque déplacement ou mouvement des couches successives l'une sur l'autre, et donner naissance à des traces variées, appartenant à la structure de la roche elle-même sans être dues à aucune cause externe. Si dans ce cas les couches avaient été dans une position verticale, comme celles qui constituent les roches moutonnées du lac Pushaw, au lieu de n'être que légèrement inclinées, comme celles de la vallée de Hasli, une pareille explication n'aurait pas été admise un seul instant, et la doctrine de l'extension antérieure et plus grande des glaciers aurait peut-être été admise vingt-cinq ans plus tôt par les hommes de science.

Je n'ai examiné qu'à la hâte la région qui s'étend à l'est de Bangor, du côté d'Eastport : non point dans le voyage actuel, qui embrassait seulement la contrée entre les forges de Katahdin et Mont-Désert, mais dans une occasion antérieure. Je remarquai alors que, de distance en distance, entre Bangor et Calais, et sur toute la ligne de Calais à Eastport, on voyait quantité de surfaces polies, avec des stries et des sillons distincts dirigés droit au nord. Je puis dire par conséquent, d'après mes propres observations, que l'État du Maine, dans presque toute son étendue, c'est-à-dire sur 4 degrés de longitude et entre 44° et 45° de latitude, porte à sa surface tous les signes caractéristiques d'une action glaciaire.

Mais tandis que la plupart de ces phénomènes sont parfaitement simples et clairs pour celui qui connaît bien les effets produits par des masses de glace en mouvement, j'ai remarqué près de Bangor, et plus spécialement dans

le voisinage de Waterville, des faits qui ne s'expliquent pas si aisément, bien que je croie en avoir trouvé la vraie solution. Ordinairement toutes les traces glaciaires, dans une localité donnée, courent dans la même direction, et ont certainement été produites simultanément par un seul et même agent, quelque différentes que puissent être les opinions relatives à la nature de cet agent. Mais sur Ledge-Hill, à cinq milles et demi de Bangor, on peut voir de faibles stries dirigées droit au nord, tandis que sur la même surface d'autres lignes se dirigent au nord-ouest, formant un angle de 45° avec les premières. La hauteur de la chaîne peut avoir déterminé un changement dans le cours de la glace, quand elle eut diminué d'épaisseur et n'agit plus avec la même force sans déviation. A Waterville, les faits sont encore plus embarrassants. Sur la route de Benton, près de la maison de G. W. Drummond, se trouvent des roches schisteuses dirigées au nord-est, à la surface desquelles on remarque encore deux systèmes de traces : l'un formé de stries et de sillons larges, distincts, dirigés vers le nord, tandis que les autres sont plus fins, moins distincts, et courent à l'est-nord-est. Sur la route de Winslow, près de la maison de H. Gichell, le même système double de stries peut se voir à côté de la route sur des rochers à surfaces plates. D'après la formation du terrain dans cette région, je suis porté à croire que le second agent, c'est-à-dire celui auquel on doit attribuer les stries portant à l'est, n'a été autre que des glaces flottantes. Il y a une terre élevée à deux ou trois milles au delà de ces surfaces rocheuses, dans la commune de Benton, et la plaine où coule la rivière Sebasticook s'étend jusqu'à ces hauteurs. La glace peut fort bien avoir séjourné plus longtemps sur les terres élevées.

et quand les terres plus basses furent inondées par la fusion de la nappe générale de glace, l'eau en montant a pu enlever les masses qui restaient encore, et les jeter à travers les stries normales et primitives qui portaient droit au nord.

A notre retour des forges de Katahdin à Bangor, nous passâmes par Brownville, Orneville, Bradford, Hudson, puis le long de la rive du lac Pushaw. Sur tout ce parcours, on rencontre fréquemment des surfaces striées et polies et des roches moutonnées; mais les localités les plus instructives de toutes, pour ce qui concerne les phénomènes glaciaires, se trouvent près des carrières d'ardoises de Brownville. Là encore, comme dans les roches moutonnées du lac Pushaw, les traces font un angle droit avec la direction et l'inclinaison des couches. Pour bien expliquer la signification des faits dans cette région, je dois dire quelque chose de sa formation en général. La rivière Pleasant coule dans une vallée large, ouverte, dont la direction est presque exactement nord-sud. Les couches d'argile en lames minces, dans lesquelles les carrières d'ardoises sont ouvertes, se relèvent sous un angle de soixante-dix degrés et plus, c'est-à-dire qu'elles sont presque verticales; leur direction traverse la vallée de l'est à l'ouest, à angle droit avec elle. Il serait difficile de trouver des circonstances plus favorables pour étudier les érosions glaciaires. En comparant les traces et les surfaces polies qui coupent à angle droit les arêtes de ces lits d'ardoises redressés au fond de la vallée et sur ses flancs, on trouve qu'elles ont exactement la même direction, celle du nord, que la vallée elle-même : en sorte qu'évidemment l'agent qui les a produites a été l'instrument qui a formé ce bassin, quand il descendait la vallée, avant de

pouvoir continuer sa route sans être embarrassé par des inégalités de surface. Si c'eût été une masse fluide, il se serait prêté à la disposition du sol ; il aurait suivi les arêtes verticales des strates, se frayant une route entre elles au lieu de les couper toutes et d'en faire une surface uniformément arrondie. Il semblerait en vérité que cet endroit a été arrangé pour faciliter la tâche de l'investigateur. Il fournit des données pour une comparaison immédiate entre l'action de l'eau et celle de la glace ; la limite de la première étant parfaitement visible dans l'étroit sillon au fond de la vallée où la rivière a creusé son lit. Ce sillon s'enfonce un peu au-dessous du niveau général et ondulé des lits d'ardoises, et on ne voit pas trace à sa surface de lignes rectilignes et de cannelures, mais simplement les courbes irrégulières que produit ordinairement l'action d'une eau courante, et qui suivent toutes les inégalités de structure. En somme, la vallée est plutôt une dépression superficielle, un peu plus accentuée vers le centre, et qui s'élève graduellement des bords de la rivière vers l'est et l'ouest. Toute la surface rocheuse, excepté le lit de la rivière, est glaciaire; et il est impossible de ne pas reconnaître que le même agent qui a modelé le fond de la vallée jusqu'aux collines voisines, a aussi creusé et strié, à angle droit avec leur direction, les lits relevés qui la traversent.

L'absence de saillies anguleuses dans une région toute composée de schistes redressés, est très-remarquable. Des faits comme ceux-là montrent, qu'un examen attentif pourrait fournir les moyens de mesurer actuellement l'étendue de la dénudation ou de l'arasement provenant de la force broyante des glaciers. Ils pourraient même décider la question des bassins lacustres, actuellement débattue parmi

les géologues. Les immenses excavations que l'exploitation des carrières a produites dans ces roches, offrent les chances les plus favorables à l'investigation. Ces schistes eux-mêmes sont d'une qualité admirable et extrêmement employés comme ardoises à couvrir les toits. Environ un mille à l'ouest des carrières, près de Merrill, il y a de vastes entassements morainiques de matériaux désagrégés, de l'espèce que j'ai appelée moraines de fond, quoiqu'ici ils n'aient pas exactement la forme en dos d'âne. Immédiatement au-dessus des carrières de Brownville, là où l'alluvion a été récemment écartée pour faciliter l'exploitation, il y a de bonnes sections où ces moraines de fond, courant dans la direction des collines à l'est de la vallée, peuvent être aisément étudiées. Elles reposent immédiatement sur les arêtes de ces lits redressés, toute la masse étant un mélange des matériaux rocheux les plus hétérogènes uniformément confondus. Jamais dans ces parages je n'ai rien vu qui ressemblât à une moraine latérale distincte ; mais près de l'église une moraine terminale bien reconnaissable, à travers laquelle la rivière a creusé son lit, traverse la vallée.

L'exposition des phénomènes glaciaires est si complète ici, qu'il semble superflu de suivre des faits semblables à travers des localités où, grâce à la nature des roches et à la disposition du pays, ils sont moins distincts. Cependant, comme l'étendue sur laquelle on peut constater la même catégorie de phénomènes, forme une partie importante de l'enquête, je dois indiquer quelques autres points où se présentent les mêmes aspects. Au sommet de la colline, à moitié chemin entre Brownville et Milo, près de la rivière Sebec, on voit distinctement les stries et les sillons qui courent exactement du nord au sud. Ils reparaissent, au

delà du bac, sur la crête d'une autre colline plus au sud. Entre Orneville et North-Bradford, il y a des surfaces étendues sur lesquelles les rocs, partout où ils ne sont pas décomposés, présentent des surfaces unies et polies traversées par des cannelures et des sillons rectilignes, dirigés principalement du nord au sud, quoique çà et là ils divergent à l'ouest, et forment même accidentellement un angle de vingt à vingt-six degrés avec le système principal des lignes. Plus au sud, quand le pays recommence à monter, toutes les traces sont dirigées plus uniformément vers le nord. Au nord et au sud de la ville de Hudson, et particulièrement près de la poste, les stries sont très-distinctes, portant au nord à travers des roches schisteuses qui vont à l'est-nord-est. La vue qu'on a des hautes terres sur tout ce pays est très-belle. O'Lammon, les Monts Pics, les montagnes de la rivière Union limitent l'horizon à l'est : le mont Dix s'élève à l'ouest dans l'éloignement, tandis que les monts Katahdin sont encore visibles bien au nord.

En retournant à Bangor, j'allai en même temps, suivant mon plan primitif, à Mont-Désert ; mais avant de parler des phénomènes glaciaires de cette île, je dois dire quelques mots sur les traits physiques du pays entre Bangor et la mer. Cette région est coupée par trois rangées distinctes de collines, sans compter la chaîne basse entre Brewer et Holden. La première sépare la vallée du Penobscot de celle de la rivière Union, passant par les communes de Clifton, Holden et Dedham ; la seconde sépare la vallée de la rivière Union de la chaîne côtière ; la troisième est la chaîne côtière elle-même, dont font partie Mont-Désert et les îles à droite et à gauche : car toutes ces îles, si abruptes et si pittoresques dans leurs con-

tours, doivent être considérées comme les points culminants d'une chaîne montagneuse partiellement submergée. Ces chaînes ne sont pas exactement parallèles à la côte : elles courent plus au nord que le rivage même, en sorte que les rangées qui s'étendent de l'est à l'ouest à travers le pays ne sont pas exactement à angle droit avec la direction normale des marques glaciaires, quoiqu'elles n'en soient pas loin. C'est cette structure de la surface du pays, qui rend si intéressants les phénomènes glaciaires entre Bangor et la mer, surtout là où on peut les rattacher à des traces semblables plus au nord. La route de Bangor à Mont-Désert passe successivement par-dessus toutes ces chaînes, montant les hauteurs et descendant dans les dépressions qui les séparent : s'élevant ainsi trois fois du fond d'une vallée sur la crête qui la sépare de la vallée voisine, avant d'atteindre le bord méridional des grandes îles côtières. Sur toutes les élévations et dans tous les fonds de vallées, on peut suivre sans interruption, et presque à angle droit avec la direction des montagnes et des vallées, le même système de lignes ou de traces glaciaires que nous avons déjà signalé au nord de Bangor, courant droit du nord au sud jusqu'à ce qu'il disparaisse sous le bras de mer qui sépare Mont-Désert de la côte. Ces traces reparaissent sur la côte nord de l'île elle-même, passant par-dessus ses plus hauts sommets pour se perdre enfin dans l'Océan. Non-seulement on peut suivre les traces caractéristiques sur toute la longueur de la route, mais toute la surface du pays est moutonnée, en particulier usée de manière à former ces espaces arrondis, semblables à des monticules, auxquels il a été si souvent fait allusion précédemment, et qui sont si bien connus en Suisse comme dus à l'action des glaciers. Le Mont-

Chauve est un exemple frappant de ce genre de collines.

Cette région est littéralement jonchée d'énormes blocs erratiques, hauts quelquefois de quarante à cinquante pieds. Ils semblent appartenir pour la plupart aux collines du voisinage et n'avoir pas voyagé à une grande distance. Il y a cependant plusieurs de ces blocs dont le témoignage concourt à prouver que le sillon de la grande charrue de glace se dirigeait du nord au sud. C'est particulièrement le cas du granit de Dedham, si bien caractérisé par ses grands cristaux de feldspath, dont on trouve fréquemment des masses détachées au sud de cette localité, mais jamais au nord. Il ne manque pas non plus de blocs exceptionnels d'une origine bien plus septentrionale. Un autre anneau de cette chaîne de preuves, c'est que partout où les traces sont conservées sur un terrain qui s'élève brusquement, elles se montrent toujours sur la pente nord et jamais sur la pente sud. Évidemment l'agent broyeur avançait du nord, soulevait et frottait la face qui se présentait à lui, tandis que la face méridionale était comparativement protégée, la masse rigide formant, sans doute, plus d'une fois un pont par-dessus la déclivité opposée, sans même la toucher. Je suppose que ces faits, qui peut-être semblent insignifiants en eux-mêmes, doivent être bien moins significatifs pour celui qui observe en général que pour celui qui a vu en action toute cette catégorie de phénomènes. Pendant bien des années, ils m'ont été si familiers dans les vallées des Alpes, et leur aspect dans ces régions est tellement identique avec les faits ci-dessus relatés que, quelque paradoxale que l'assertion puisse paraître, la présence de la glace est maintenant pour moi un élément sans importance dans l'étude des phénomènes glaciaires. Elle n'est pas plus essentielle à l'investigateur

qui en a vu une fois la liaison avec les faits, que ne l'est pour l'anatomiste la chair qui recouvrait une fois le squelette d'un animal fossile. En présence de ces faits, il semble hors de saison de supposer que ces matériaux désagrégés et ces blocs erratiques dispersés sur toute cette contrée aient été délaissés par des glaces flottantes, poussées de la mer vers l'intérieur par les courants ou les marées. Le mouvement dans son ensemble, quelle qu'en soit la cause, est incontestablement dans une direction opposée. Ces matériaux désagrégés et ces blocs erratiques attestent le même fait sur toute la surface des États-Unis. Ils viennent tous du Nord. Je n'ai jamais vu un seul fragment de roc d'une localité plus méridionale gisant au nord de cette localité sur la surface glaciaire, quoique j'en aie cherché de la côte de l'Atlantique à l'État d'Iowa.

L'île pittoresque de Mont-Désert est sur la côte méridionale du Maine, dans le comté d'Hancock; elle est séparée du continent par un étroit bras de mer. Beaucoup plus élevées au centre que sur les bords, les montagnes semblent, quand on approche, sortir brusquement de la mer. L'île est coupée en travers par un golfe profond, appelée Somes Sound, qui la divise en deux parties inégales : l'une au nord, l'autre au sud. Les bords sont dentelés par des baies et des anses innombrables qui ajoutent beaucoup à sa beauté. Nous entrâmes dans l'île par le nord-ouest, du côté de Trenton, et nous nous dirigeâmes vers Bar Harbor, sur le côté oriental, rendez-vous d'été à la mode à cause de son rivage découpé et varié; à cause du voisinage de la montagne Verte et de son joli lac, enfoncé dans une dépression en forme de coupe, à moitié chemin sur la pente de la montagne; et à cause de la magnifique vue qu'on a du sommet. A l'entrée même de l'île,

en passant le pont à péage de Trenton, on se trouve dans une excellente localité pour l'étude des traces glaciaires. Les stries sont admirablement bien conservées sur quelques couches à l'extrémité du pont du côté de Mont-Désert. Ces traces sont dirigées vers le nord-nord-est, et non pas vers le nord exactement comme dans la plupart des localités; et c'est un des cas où cette légère déviation des lignes est évidemment due à la structure du pays. L'île n'est pas seulement plus haute vers le centre; mais elle se rétrécit à son extrémité septentrionale en s'abaissant vers le rivage du continent, dont elle est séparée de part et d'autre par deux golfes profonds qui s'enfoncent dans les côtes de Maine. et sont connus sous les noms de Frenchman's Bay à l'est, et Union Bay à l'ouest. Il est évident que la masse de glace, passant du continent par-dessus ce bras de mer, plongea à l'est et à l'ouest dans ces deux gorges, acquérant sans doute une augmentation d'épaisseur, et, en conséquence de ce changement dans sa course normale, dévia légèrement de sa direction ordinaire en remontant contre la côte de Mont-Désert. C'est ce qui est démontré par le fait que les traces glaciaires sur le bord nord-ouest portent légèrement à l'est, tandis que celles qui sont sur le bord nord-est portent légèrement à l'ouest. Quand on se rapproche du centre de l'île, les traces convergent les unes vers les autres, et reprennent leur direction primitive nord-sud dans les parties les plus élevées. J'ai souvent observé en Suisse des cas pareils; quand pour quelque cause locale la direction du mouvement était légèrement déviée à droite et à gauche, il y avait convergence un peu plus loin. Dans la vallée de Hasli, entre l'hospice du Grimsel et Guttanen, il y a quelques monticules qui en fournissent des exemples. Sur la pente

supérieure de ces monticules, faisant face au haut de la vallée d'où des glaciers immenses descendaient anciennement, les traces remontent directement la pente jusqu'à la croupe de l'éminence, tandis que de l'autre côté elles s'écartent légèrement à droite et à gauche, convergeant ensuite pour se rencontrer et continuer leur course en droite ligne vers le bas de la vallée : montrant que, bien que de tels monticules entièrement ensevelis sous la masse de la glace ne soient pas un obstacle à sa marche, les inégalités du fond ont cependant une légère influence sur la direction du mouvement et rendent les stries moins régulières qu'elles ne le sont sur une surface de niveau. Naturellement, là où la glace est très-épaisse, les inégalités du fond auront peu d'influence sur le mouvement en avant de la masse entière : mais moins la glace est épaisse, mieux elle s'adopte aux dépressions et aux saillies de la surface, en conséquence de quoi les traces glaciaires perdent de leur uniformité de direction.

Je passai la matinée qui suivit mon arrivée à Bar Harbour, à examiner les phénomènes glaciaires du voisinage immédiat. A Bar Harbor même, les traces portent au nord et au nord-nord-est. Un mille plus au sud, elles sont toutes dans la direction nord-nord-est. L'anse du Spouting-Horner cependant, enfoncement profond dans le roc où le ressac agit avec une force étonnante, est sillonnée des deux côtés de lignes qui courent droit au nord. Du même côté de l'île, bien au sud de Bar Harbor, on voit une dune (sea-wall) remarquable, composée de matériaux grossiers entassés en ligne le long du rivage, et formée sans doute par une tempête d'une violence extraordinaire combinée avec une haute marée. Elle ressemble à la dune bien connue de Chelsea Beach. Derrière cette dune s'é-

tend un vaste marais qui faisait anciennement partie de la mer. Un peu au delà, sur le rivage, se trouvent deux surfaces très-distinctement polies et cannelées, les lignes courant droit au nord. L'après-midi du même jour, je montai la montagne Verte. Le long de la partie inférieure de la route, les traces courent au nord-ouest, puis au nord-nord-ouest, convergeant de plus en plus vers leur direction normale, jusqu'à ce que, après qu'on a passé le premier sommet et de là en remontant, elles perdent complétement le biais que leur avait donné la déviation de la glace dans Frenchman's Bay, et courent de nouveau droit au nord. Sur toute la dernière pente de la montagne, là où le roc est à nu, on peut voir des surfaces plates de protogine rose parfaitement rayées, sur lesquelles les stries et les sillons s'étendent à vingt pieds sans interruption appréciable. Au sommet même est un dyke de quartz de niveau avec le profil général de l'éminence, sur lequel les traces sont très-distinctes. Juste au coucher du soleil, j'arrivai au point culminant où la pente méridionale est si abrupte que la montagne semble plonger dans l'Océan. Aussi loin que la vue pouvait s'étendre, la mer était encore resplendissante ; des nuages empourprés flottaient au-dessus des nombreuses îles au sud-ouest, tandis que de l'autre côté se couvraient d'ombres croissantes le petit lac à mi-côte de la montagne et, au-dessous, les innombrables passes, anses et baies de Frenchman's Bay.

Le lendemain, nous passâmes au bord opposé de l'île, qui longe Somes Sound, et le matin suivant nous entrâmes dans le golfe sur un petit schooner. Une brise fraîche du nord, qui nous obligeait à virer constamment et ralentissait notre marche, nous empêcha d'explorer ce singulier bras de mer dans toute son étendue : mais toute courte

qu'elle fut, notre navigation me donna mainte occasion d'observer les phénomènes glaciaires le long des rivages. A l'entrée du détroit, avant qu'on pénètre dans les passes, on peut voir à droite et à gauche plusieurs moraines terminales concentriques. On ne peut douter qu'elles ne se soient une fois étendues par-dessus ce bras, et qu'elles n'aient été rompues par la mer. Des deux côtés, en remontant le golfe, de petites vallées descendent jusqu'au bord de l'eau; évidemment chacune d'elles a eu son glacier local; car elles ont toutes des moraines terminales à leurs débouchés. Ces faits confirmaient mes prévisions. En passant au fond du golfe dans notre course de la veille, j'avais jugé, d'après sa structure, que c'était une localité remarquable pour les restes glaciaires, à moins que la mer ne les eût balayés. La petite ville de Somesville est magnifiquement située à l'extrémité du golfe. En y arrivant de l'est, j'observai que les traces glaciaires qui se dirigeaient droit au nord commençaient à décliner au nord-ouest, tandis qu'à l'ouest de la ville elles se dirigeaient à l'est-nord-est. Il y a évidemment là une action semblable à celle par laquelle les traces sont déviées sur la côte nord de l'île vers Frenchman's Bay et Union Bay. La masse de glace venant du nord s'est graduellement inclinée vers le golfe à partir de côtés opposés. Près de l'église de Somesville, les traces reprennent la direction du nord.

Les grandes surfaces de rocs polis et striés de cette localité rappellent les célèbres Helle-Platten de la vallée de Hasli. De Southwest Harbor nous suivîmes le rivage jusqu'à Bass Harbor et Seal Cove. Sur tout ce trajet, on voit fréquemment des traces de l'action glaciaire, et un ou deux points sont d'un intérêt spécial. Il y a à Bass

Harbor un grand dyke de trapp vert perpendiculaire à la direction de la marée. Bien qu'il soit régulièrement inondé par le flux, l'action de la mer n'a point altéré les caractères glaciaires qui sont particulièrement visibles à cet endroit. Non-seulement la surface du dyke lui-même est profondément labourée de stries et de sillons qui courent droit au nord, mais étant plus tendre que la roche granitique qu'il traverse, il a été coupé à un niveau un peu plus bas, et les parois verticales de la fissure sont polies, striées, cannelées de la même manière. Un autre fait très-important, c'est que la marée passe et repasse tous les jours sur ces traces. Évidemment elles n'ont pas été faites par l'eau, puisque l'eau n'a pas la force de les effacer ou de les rendre indistinctes par d'autres lignes du même genre. A un mille et demi au sud de Bass Harbor, il y a une couche faisant face au nord, sur laquelle les traces glaciaires sont dirigées au nord. A Seal Cove cependant, sur la rive sud-ouest, les traces ont de nouveau la direction nord-nord-ouest. Au sud de Seal Cove, toutes les inégalités de surface sont moutonnées, les stries courant au nord-nord-ouest. Nous retournâmes au pont de Trenton par le bord occidental, ayant fait ainsi le tour entier de l'île.

Avant de terminer ces remarques, je désire relater en passant quelques autres faits qui se lient à ces recherches, et qu'il m'était difficile de signaler plus tôt sans interrompre mon récit.

A l'est et au sud de Bangor, il y a des dépôts considérables d'argiles imparfaitement stratifiées, dont on fait des briques : elles sont entremêlées de cailloux striés et de nodules de sable. Je pose en fait que les argiles sont des dépôts morainiques remaniés par les eaux provenant

de la fusion des grands glaciers, et que les cailloux et les sables ont distillé des glaçons qui flottaient sur ces eaux. C'est d'autant plus probable que ces accumulations de sable irrégulièrement stratifié se trouvent toujours dans le voisinage d'argiles tamisées qui contiennent des cailloux striés. J'ai vu de semblables dépôts dans les États de l'Ouest, par exemple près de Milwaukee et de Chicago.

Entre Bangor et Mont-Désert, les preuves habituelles de l'action glaciaire sont très-abondantes. Je mentionnerai comme particulièrement intéressantes les collines au sud de Holden et les collines aux environs de Dedham. Sur la route qui longe Union Bay, il y a aussi de vastes surfaces polies, surtout dans le voisinage de Bucksport. Près d'Ellsworth, elles sont supérieurement conservées, et toutes les éminences sont moutonnées. A Ellsworth Falls, des deux côtés du pont, on voit de magnifiques surfaces polies, avec des stries et des sillons dirigés vers le nord. Entre Ellsworth et Trenton et à l'ouest de ce méridien, dans la direction de Bucksport, il y a plusieurs moraines longitudinales parallèles l'une à l'autre, courant du nord au sud, composées de gros blocs anguleux, reposant sur des moraines de fond formées de cailloux arrondis et striés et de sable mêlé d'argile. Une pareille superposition est complétement incompatible avec l'idée de courants passant sur ces régions. Deux milles à l'ouest d'Ellsworth, une pareille moraine longitudinale court sur le sommet de la colline, et environ un mille plus à l'ouest, il y en a une autre principalement composée du granit à gros grains de Dedham. Le dépôt de fond sur lequel reposent ces moraines se compose de sable fin et de marne avec des cailloux striés. Sept à huit milles à l'ouest d'Ellsworth, les collines formées de couches d'argile redres-

sées, se dirigeant de l'est à l'ouest, sont dénudées, et sur les surfaces polies de leurs tranches nivelées reposent deux autres moraines longitudinales, avec des blocs anguleux de granit de Dedham, courant du nord au sud et reposant sur une vaste moraine de fond qui renferme beaucoup de blocs plus petits arrondis et striés. Dix milles à l'ouest d'Ellsworth, il y a encore une autre moraine longitudinale : mais la plus grande de toutes ces moraines parallèles est environ trois milles plus à l'ouest, c'est-à-dire à treize milles à l'ouest d'Ellsworth. Demi-mille au sud de Bucksport, les schistes argileux sont presque verticaux, et leurs tranches redressées sont uniformément polies et striées. Ces surfaces sont partiellement couvertes par le limon de la rivière Penobscot. On peut signaler des faits semblables tout le long de la route de Bucksport et Bangor. Partout les stries sont dirigées vers le nord.

La chaîne côtière à l'est et à l'ouest de Somes Sound est divisée en une série de collines par des vallées transversales, dont la plupart ont, à leur extrémité méridionale, de petits lacs formés par des moraines transverses. En partant de l'est, et sans compter les pics moins saillants, nous avons d'abord le mont Newport, puis les monts Kebo et Green, puis les monts Jordan, Bobbey, Hadlock ou Pond et Westcot, tous à l'est de Somes Sound. Puis viennent le mont Chien, le mont Defile, Beach Hill et le mont Ouest sur le bord occidental de Somes Sound. L'étang de Denning, que j'ai examiné plus en détail, est entre le mont Chien et le mont Defile. La route qui longe le lac suit la moraine latérale à l'orient ou à gauche du glacier qui une fois remplissait ce bassin ; le lac lui-même est retenu à son extrémité méridionale par une moraine terminale en forme de croissant. Les lacs, au nombre de

onze, qui se trouvent entre les autres montagnes, sont également bordés de moraines. Nous avons ainsi une preuve suffisante qu'à une période avancée de la retraite du grand champ de glace qui couvrait ce continent, quand il ne se mouvait plus par-dessus les plus hauts sommets, des glaciers locaux restèrent dans les gorges faisant face à la mer.

Nous avons ainsi suivi les surfaces glaciaires sur toute la largeur de l'État du Maine et sur une partie de sa longueur, dans une étroite voie d'environ cent milles, depuis les forges de Katahdin jusqu'au bord méridional de Mont-Désert où elles se perdent dans l'Océan. J'ai cependant supprimé un grand nombre de faits probants qu'il eût été difficile de rapporter sans cartes et sans sections. J'aurai peut-être l'occasion de publier plus tard ce qui a été omis. Dans toute cette région, les traces glaciaires vont du nord au sud, ne déviant jamais que par des causes locales, montant invariablement en ligne droite toutes les élévations, et descendant dans toutes les dépressions. Comment peut-on supposer que des glaces flottantes avançassent sur un pays si accidenté de ce pas ferme, toujours droit en avant ? Au lieu de monter les collines, elles seraient restées enfermées dans les dépressions intermédiaires, ou si le pays avait été complétement submergé, elles auraient flotté par-dessus. Ceux qui soutiennent la théorie de pareils glaçons, oublient aussi qu'une masse de glace flottante, tellement plus grande que celle qui à présent s'étend sur tout l'Atlantique septentrional, implique une température bien plus basse, et avec cela nous avons les conditions nécessaires pour couvrir le continent de glaciers, au lieu d'agrandir simplement le champ des glaçons. Il est également imposible de supposer que quelque

chose d'aussi instable que l'eau ait produit des lignes si droites et si continues.

Admettons donc que ces phénomènes étaient produits par la glace. Ajoutons, pour conclure, que les traces glaciaires de l'État du Maine, surtout entre Bangor et la côte, donnent les moyens d'estimer approximativement l'épaisseur de la couche de glace qui une fois se mouvait sur tout le pays, aussi bien que ses limites à une époque postérieure quand elle avait commencé à diminuer. Pour avancer à travers un pays collineux et par-dessus des chaînes montagneuses s'élevant à une hauteur de 12 à 1500 pieds dans la partie méridionale de l'État, et plus haut encore, dans la partie septentrionale, la glace doit avoir été maintes fois plus épaisse que les inégalités par-dessus lesquelles elle passait; autrement elle aurait été enchâssée entre ces élévations qui auraient agi comme des murs pour l'enfermer. Nous sommes, par conséquent, fondés à supposer que les champs de glace, qui s'avançaient du nord jusqu'à la mer par-dessus la Nouvelle-Angleterre, avaient une épaisseur d'au moins 5 ou 6000 pieds. Dans une autre occasion je donnerai une idée des phénomènes diluviens (drift phenomena) le long des côtes de l'Atlantique, montrant qu'à cette période les champs de glace n'étaient pas limités à la ligne actuelle des côtes, mais s'étendaient bien au delà, sur des surfaces maintenant occupées par l'Océan. Alors l'aspect des côtes de la Nouvelle-Angleterre devait être celui des côtes du Groënland dans ses parties les plus froides. Mont-Désert doit avoir été un Spitzberg en miniature, et des glaces colossales flottaient de Somes Sund dans l'Océan Atlantique, comme aujourd'hui de la baie Magdelaine.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

G. Wiedemann. Sur les courants d'induction que produit la torsion d'un fil de fer traversé par un courant électrique. (*Poggend. Annalen*, CXXIX, p. 4.)

Les mouvements vibratoires et les effets moléculaires déterminés dans les corps magnétiques par le passage d'un courant électrique ont été l'objet d'études approfondies de la part de divers physiciens. M. A. de la Rive a, le premier, donné une explication complète de ces phénomènes [1], et montré, en particulier, que, sous l'action d'un courant électrique parcourant un fil de fer, la surface de ce fil éprouve une aimantation transversale, c'est-à-dire que les différentes particules qui la composent s'orientent sous l'action du courant intérieur et se placent perpendiculairement à l'axe du fil de fer. Les faits récemment étudiés par M. Wiedemann viennent à l'appui de cette théorie en donnant une preuve nouvelle de l'aimantation superficielle d'un fil de fer traversé par un courant.

L'appareil employé par M. Wiedemann consiste simplement en un fil de fer bien recuit, maintenu à ses deux extrémités dans deux pinces de laiton. L'une de ces pinces est fixe, tandis que l'autre est susceptible de tourner sur elle-même de façon à imprimer au fil un mouvement de torsion, et munie d'une aiguille tournant sur un cercle gradué qui indique les angles de torsion. Autour du fil de fer est enroulé en spirale un fil de cuivre dont les deux extrémités sont fixées à un galvanomètre.

[1] *Traité d'électricité*, tome I[er], p. 310.

Cela étant, une première expérience consiste à faire traverser le fil de fer par le courant d'une pile de Bunsen, et à lui imprimer ensuite un mouvement de torsion au moyen de la pince mobile. Immédiatement il se manifeste dans la spirale de cuivre un courant induit qui disparaît presque aussitôt. Quand le courant parcourt le fil de fer de la pince mobile à la pince fixe (d'avant en arrière), le couraut induit tourne dans la spirale de cuivre dans le sens de la torsion. Quand on détord le fil, il se produit un courant induit de sens contraire au premier. Le sens du courant induit change de plus avec celui du courant primitif. Enfin les mêmes faits se reproduisent quand on opère la torsion du fil immédiatement après l'interruption du courant qui le traverse.

L'explication de ces faits telle que la donne M. Wiedemann repose, comme nous l'avons dit, sur la théorie de l'aimantation transversale d'un fil de fer traversé par un courant. Le passage du courant aimante les particules de la surface du fil, et tous ces aimants moléculaires se placent transversalement au courant. Par le fait de la torsion, ces petits aimants sont inclinés vers l'axe du fil, de telle sorte que le magnétisme de chacun d'eux se trouve avoir une composante suivant la longueur du fil. Celui-ci se trouve donc transformé en un véritable aimant qui, agissant sur la spirale enveloppante, y produit un courant induit. Ce courant cesse très-vite, car par suite de l'absence de force coercitive dans le fer doux, chaque aimant moléculaire reprend immédiatement la position transversale au courant. De plus, il est clair que, lorsque le sens de la torsion ou celui du courant primitif est changé, le sens du courant induit doit changer également.

Une seconde expérience consiste à faire passer le même courant dans le fil de fer, puis à l'interrompre au moyen d'un commutateur qui mette immédiatement les deux extrémités du fil en communication avec un galvanomètre. Après cela on tord le fil, ce qui fait naître dans son intérieur un

courant induit de même sens que le courant primitif. En détordant le fil, on obtient ensuite un courant induit de sens contraire.

L'explication est la même que dans le premier cas : la torsion transforme partiellement l'aimantation transversale de la surface du fil en aimantation longitudinale, de là un courant induit dans l'intérieur de ce fil. Le sens de ce courant doit être tel qu'il tende à ramener les aimants moléculaires dans leur position transversale ; il doit donc être le même que celui du courant primitif, et c'est bien en effet ce que donne l'expérience. E. S.

James CROLL. SUR LA CAUSE QUI FAIT QUE LA DIFFÉRENCE, REMARQUÉE ENTRE LES INDICATIONS D'UN THERMOMÈTRE EXPOSÉ AUX RAYONS DIRECTS DU SOLEIL ET CELLES D'UN THERMOMÈTRE DONT LA BOULE EST ABRITÉE, TEND A DIMINUER A MESURE QU'ON S'ÉLÈVE DANS L'ATMOSPHÈRE. (*Philosophical Magazine*, mars 1867.)

La différence en question, qui a été constatée à plusieurs reprises par M. Glaisher, lors de ses ascensions en ballon, s'explique, suivant l'auteur, par les considérations suivantes basées sur les découvertes récentes de M. Tyndall.

Celui des deux thermomètres dont la boule est abritée des rayons du soleil accuse la température de l'air environnant, tandis que le thermomètre à boule nue indique la température qu'acquiert cette boule chauffée par les rayons directs du soleil. La température indiquée par le thermomètre à boule nue dépend de deux circonstances : 1° de la quantité de chaleur que la boule reçoit par radiation tant du soleil que de la terre, et de celle qu'elle perçoit par suite de son contact avec l'air environnant ; 2° de la quantité de chaleur que cette même boule perd, soit par radiation, soit par son contact avec l'air. Sous ce dernier rapport, les deux thermo-

mètres se trouvent dans les mêmes conditions; nous pouvons donc en faire abstraction.

Appliquons maintenant ces données au phénomène qu'il s'agit d'expliquer, savoir : la baisse proportionnellement plus grande à mesure qu'on s'élève, du thermomètre exposé aux rayons directs du soleil comparé à celui dont la boule est abritée. D'abord, il est évident que la température indiquée par l'un et l'autre de ces thermomètres doit dépendre autant de la chaleur qu'ils perdent que de celle qu'ils acquièrent. La température plus élevée, indiquée généralement par le thermomètre qui est exposé au soleil, résulte du rayonnement direct de cet astre. Or, bien que la quantité de chaleur que reçoit ce thermomètre augmente à mesure qu'on s'élève davantage, il ne s'ensuit pas que sa température doive être nécessairement plus élevée. Voici, en effet, suivant l'auteur, comment les choses se passent. Lorsque le thermomètre exposé au soleil est à une hauteur considérable au-dessus de la terre, il reçoit bien par le rayonnement de cet astre une plus grande quantité de chaleur; mais, d'un autre côté, il en reçoit moins de la terre, puisqu'une grande partie du rayonnement terrestre est interceptée par la vapeur aqueuse qui se trouve en plus grande abondance dans le voisinage de celle-ci. Admettons toutefois que la totalité de la chaleur rayonnante qui arrive sur la boule du thermomètre soit, à tout prendre, plus grande à la station supérieure que dans le voisinage de la terre. Mais si l'on compare ces deux stations sous le point de vue de la perte de chaleur que subit dans chaque cas la boule du thermomètre par suite de son propre rayonnement, on sera conduit à admettre que cette différence est bien plus grande dans le premier cas que dans le second. En effet, si à la station inférieure le thermomètre rayonne sa chaleur vers la terre, la température élevée de celle-ci tend naturellement à contre-balancer le froid résultant de cette radiation. De plus, la perte de chaleur que doit subir ce thermomètre se trouve encore dimi-

nuée par l'effet de la vapeur aqueuse située au-dessus de lui, vapeur qui intercepte et lui renvoie la chaleur qui sans cela se dissiperait dans l'espace. Il en est tout autrement à la station supérieure. Dans ce cas, l'écran de vapeur aqueuse, qui tout à l'heure empêchait le thermomètre à boule nue de rayonner sa chaleur dans l'espace, agit maintenant dans un sens diamétralement opposé. En effet, le thermomètre à la station supérieure rayonne sa chaleur, non plus contre la terre chaude, mais bien contre la surface supérieure de la vapeur aqueuse qui se trouve entre lui et la terre, circonstance qui tend naturellement à abaisser sa température. De plus, dans les hautes régions de l'atmosphère, le thermomètre ne se trouve avoir au-dessus de lui qu'une quantité comparativement faible de vapeur pour l'abriter contre l'influence refroidissante de l'espace. Il est vrai que dans ces régions supérieures l'air n'est guère plus froid que le thermomètre lui-même, mais cet air étant sec et par conséquent diathermane, n'interceptera qu'une très-faible partie de la chaleur rayonnée par la boule nue du thermomètre vers l'espace interplanétaire. Il en résulte une très-grande perte de chaleur, et partant une baisse considérable dans la température indiquée par le thermomètre. D'un autre côté, l'air qui a une aussi grande élévation se trouve être comparativement à l'état sec, est devenu très-mauvais radiateur, et ne perd pas sa chaleur par suite de son rayonnement dans l'espace aussi promptement que la boule nue du thermomètre. Mais comme c'est le thermomètre à boule abritée qui indiquera la température de cet air, on comprend que ce thermomètre ne devra pas être affecté au même point que celui à boule nue. On est donc fondé à conclure que la différence entre les indications des deux thermomètres devra nécessairement diminuer à mesure qu'on s'élève dans les régions supérieures de l'atmosphère.

J. TYNDALL. SUR LES FLAMMES SONORES ET SENSIBLES [1]. (*Philosophical Magazine*, février 1867.)

Si l'on fait passer rapidement à travers l'air une bougie bien allumée, on obtient une bande de lumière dentelée, et un son presque musical qui se fait entendre en même temps indique le caractère rhythmique du mouvement. De même, si on souffle contre la flamme d'une bougie, le son irrégulier et tremblant qui en résulte indique un mouvement d'une nature analogue. Lorsqu'on introduit la flamme du gaz d'éclairage dans un tube d'étain ouvert aux deux extrémités et d'une dimension convenable, le courant d'air qui passe au-dessus de la flamme produit une agitation ou tremblement, que la résonnance du tube élève au rang d'un son musical. Si la longueur de ce tube est d'environ trois pieds, la note produite aura un son plein et velouté ; s'il est de six pieds, elle sera plus basse d'une octave. Avec un tube de quinze pieds de long, le son devient d'une intensité extraordinaire, et les vibrations produites assez fortes pour ébranler les colonnes, le plancher et la galerie de l'amphithéâtre dans lequel la séance a lieu. Quelquefois même la flamme s'éteint par suite de la violence des vibrations avec un bruit semblable à un coup de pistolet. Le bourdonnement des flammes dans un canal de cheminée est d'une nature analogue, et présente aussi un commencement de caractère musical.

En substituant aux longs tubes dont nous venons de parler des tubes beaucoup plus courts, et en y introduisant une flamme provenant du gaz d'éclairage, on obtient une série de notes musicales d'autant plus aiguës que le tube est plus court, dues sans doute aux vibrations produites par une succession d'extinctions partielles et de renouvellements de la flamme en question. La flamme *chantante* paraît être continue ; mais si on la regarde à travers d'une lunette d'opéra

[1] Extrait d'une séance donnée par l'auteur au « Royal Institution, » le 18 janvier 1867.

qu'on promène de droite à gauche, ou à travers un miroir tournant, les images dues aux renouvellements de la flamme deviennent distinctes les unes des autres, et présentent l'apparence d'une chaîne lumineuse d'une grande beauté qu'on peut projeter sur un écran. On peut choisir dans le tube telle position où la flamme se met tout à coup à chanter spontanément, et telle autre où elle reste silencieuse, mais prête à émettre un son continu pour peu qu'on l'y pousse, en faisant vibrer, par exemple, un diapason, ou même par l'effet de la voix humaine. Pour que l'expérience réussisse, il faut que le son émis soit à l'unisson, ou à peu près, de celui qui est propre à la flamme en question.

On peut aussi se servir de la flamme du gaz pour accuser des vibrations sonores dans l'air. C'est ainsi que, si l'on promène de droite à gauche une flamme brillante de gaz en face d'un diapason puissant fixé à une caisse sonore, on n'a qu'à faire vibrer ce diapason, pour que la bande lumineuse continue produite par le mouvement de la flamme, se partage à l'instant même en une série d'images distinctes. On arrive à un résultat analogue en promenant la flamme de droite à gauche, en face de l'une des extrémités d'un tube d'étain dans lequel se trouve renfermée une flamme sonore. Les vibrations produites par cette dernière ont aussi pour effet de partager la bande lumineuse en une chaîne d'images distinctes.

M. Tyndall, dans le cours de la séance, a appliqué les principes ci-dessus à l'étude d'un grand nombre de flammes de forme et de longueur différentes. Il a examiné les divers cas où ces flammes deviennent sonores, ou restent silencieuses, suivant les sons émis dans leur voisinage et les conditions particulières dans lesquelles elles peuvent se trouver. Supposons, par exemple, une flamme de gaz de vingt pouces de long ; l'auteur fait résonner avec un archet les trois cordes basses d'un violon. La flamme n'y répond pas ; elle ne change pas d'apparence. Il fait résonner la corde aiguë ; aussitôt la

flamme se boursoufle, en s'affaissant sur elle-même avec bruit, et ne présente plus qu'une longueur de huit pouces. Une petite clochette, munie d'un battant mû par un mouvement d'horlogerie, arrangé de manière à ce que les coups se suivent en succession rhythmique, produit précisément le même effet. A chaque coup du battant, on voit la flamme s'affaisser sur elle-même et diminuer de longueur de vingt pouces à huit pouces.

Certaines flammes paraissent douées d'une sensibilité extraordinaire. L'auteur en cite de vingt pouces de long qu'un coup léger frappé sur une enclume assez éloignée raccourcit immédiatement jusqu'à huit pouces ; d'autres, que le frôlement d'une robe de soie, le froissement entre les doigts d'une feuille de papier, le bruit même de la chute d'une goutte d'eau, affectent de la façon la plus singulière. On n'a qu'à s'adresser à la flamme, en répétant en face d'elle des vers, par exemple, pour la voir s'élancer de temps en temps avec force à l'ouïe de certains sons auxquels elle semble pouvoir répondre, et rester impassible vis-à-vis d'autres. C'est le sifflement qui produit sur la flamme du gaz l'effet le plus prononcé. Il suffit souvent d'un mot dans lequel se fait entendre distinctement la lettre *s* pour lui communiquer un bruyant frémissement. Cela tient sans doute à ce que le sifflement renferme précisément les éléments qui affectent le plus la flamme du gaz. Si on se rappelle que déjà le gaz s'échappe du bec avec un sifflement, il n'est pas étonnant qu'un son extérieur de même nature, ajouté à celui du jet, produise le même effet qu'une augmentation de pression sur le courant de gaz qui s'échappe.

CHIMIE.

Dr V. Merz. Ueber die Hydrate der Kieselsæure. Sur les hydrates de l'acide silicique. (*Zeitschrift für Chemie*, t. III, p. 122.)

Les divergences que présentaient les données sur les hy-

drates de l'acide silicique ont engagé l'auteur à soumettre ces derniers à une nouvelle étude qui l'a conduit au tableau comparatif suivant :

HO, SiO^2 Ebelmen, par la décomposition de l'éther silicique au moyen de l'eau; Graham, par l'évaporation d'une dissolution d'hydrate silicique dans l'eau.
$HO,2SiO^2$ séché à l'air, Langlois, Merz.
$HO,3SiO^2$ séché sur de l'acide sulfurique ou à 60°, Merz.
$HO,4SiO^2$ à 100°, Merz ; sur de l'acide sulfurique, Fuchs.
$HO,8SiO^2$ à 250°, 270°, Kobell, Merz.

L'auteur a opéré sur l'acide silicique mis en liberté en faisant passer du fluoride silicique dans l'eau. Il pense pouvoir obtenir les degrés d'hydratation intermédiaires, entre les deux derniers indiqués, à des températures déterminées comprises entre 100° et 250°.

R. Fittig. Ueber die cyanverbindungen des Mangans. Sur les cyanures de manganèse. (*Zeitschrift für Chemie*, t. III, p. 107.)

MM. Fresenius et Haidlen, Gmelin, Rammelsberg et d'autres ont observé que, lorsqu'on verse du cyanure potassique dans une dissolution d'un sel manganeux, il s'y forme un précipité qui se redissout dans un excès du précipitant. Ces chimistes s'accordent à reconnaître que cette dissolution renferme un sel de manganèse analogue au prussiate jaune ; mais aucun d'eux n'a réussi à retirer ce sel de la dissolution. M. Eaton, de l'Amérique du Nord, a fait sous ma direction quelques expériences qui ont montré qu'à l'aide de certaines précautions on peut l'obtenir à un assez grand degré de pureté. Quand on mélange une dissolution concentrée de cyanure potassique avec une dissolution assez concentrée d'acétate manganeux pur, il se produit d'abord un précipité jaune sale qui, par une nouvelle addition de cyanure potassique, devient vert, puis se redissout. Abandonnée à un en-

droit frais, la dissolution d'un jaune pâle dépose bientôt du *cyanure manganoso-potassique* sous la forme d'un précipité bleu foncé, composé de petits cristaux brillants isolés. On peut obtenir ce sel plus sûrement et plus facilement au moyen de dissolutions moins concentrées, en ajoutant de l'alcool lorsque le précipité a été redissous dans un excès de cyanure potassique. On voit apparaître immédiatement de petites lamelles bleu clair qui se déposent sous forme de précipité et qui supportent le lavage à l'alcool. On ne peut pas faire recristalliser ce sel dans l'eau. Mais si l'on dissout le précipité formé par l'alcool dans la plus petite quantité possible de cyanure potassique à la température ordinaire ou à une température un peu plus élevée, et qu'on expose la dissolution faiblement colorée à un endroit frais, il s'en dépose après quelques instants de superbes tables carrées bleu foncé parfaitement transparentes, isolées et très-régulières, qui atteignent parfois une grandeur de plusieurs millimètres carrés. Il faut toutefois éviter de laisser séjourner ces cristaux dans l'eau-mère, parce qu'ils se redissolvent en se décomposant. L'analyse a montré que ces cristaux, ainsi que ceux précipités par l'alcool, séchés sur de l'acide sulfurique, sont anhydres et correspondent à la formule $Mn K^2 + 3 Cy$. Ce sel est très-peu stable : à l'air il perd peu à peu sa couleur bleue, devient rougeâtre : mais au contact d'une dissolution de cyanure potassique il reprend sa couleur primitive. A l'état sec il ne se décompose pas d'une manière sensible à une chaleur de 100°, mais à 200° il se convertit en une masse brune. Il est très-soluble dans l'eau froide ; la dissolution parfaitement limpide et presque incolore ne tarde cependant pas à se troubler et dépose un précipité vert bleuâtre qui ne s'altère pas par la dessiccation sur l'acide sulfurique, et qui renferme le manganèse, le cyanogène et le potassium dans des proportions représentées par la formule $Mn Cy + K Cy$. L'eau bouillante décompose le cyanure manganoso-potassique en mettant de l'hydrate manganique en liberté. L'alcool froid ne dissout ni ne décompose ce sel ; mais à l'ébulli-

tion il le décompose bien plus lentement que l'eau. En présence du cyanure potassique, l'eau le décompose aussi plus lentement, la dissolution reste claire, mais si l'on y ajoute de l'alcool plusieurs jours après, il ne se produit plus de précipité bleu, mais un précipité rouge de *cyanure manganico-potassique*. La même décomposition a lieu presque instantanément quand on porte à l'ébullition la dissolution de ce sel dans du cyanure potassique. Elle devient rouge et produit des cristaux rouges par l'évaporation. Nous avons obtenu le sel étudié par M. Rammelsberg en très-grands et magnifiques cristaux, parfaitement développés et transparents, d'une couleur analogue à celle du nitro-cyanide sodique. La dissolution aqueuse, récemment préparée du cyanure manganoso-potassique, ne produit pas de précipités avec les chlorures barytique et calcique et le sulfate aluminique, mais elle donne avec l'acétate de manganèse un précipité brun clair; avec le sulfate ferreux exempt d'oxyde ferrique aussi bien qu'avec le chlorure ferrique des précipités bleus semblables au bleu de Prusse; avec le chlorure cobaltique un précipité brun pourpre, avec le chlorure niccolique un gris, avec le sulfate zincique un bleu clair, avec le sulfate cuivrique un brun, avec l'acétate plombique un jaune, avec le chlorure stanneux un vert pomme, avec le chlorure mercurique et le nitrate argentique un blanc sale, et avec le chlorure aurique un précipité brun foncé. La plupart de ces précipités s'altèrent facilement et ne supportent pas le lavage à l'eau. Le chlorure platinique n'est pas précipité par la dissolution de ce sel, mais au bout de quelque temps il dépose du chlorure platinico-potassique.

Nous avons obtenu un *sel barytique* correspondant au cyanure manganoso-potassique en refroidissant fortement le mélange d'acétate manganeux avec un excès de cyanure barytique. Il se sépare sous forme de petits cristaux d'un beau bleu, groupés concentriquement, que l'eau froide ne dissout pas et ne décompose que lentement. L'eau bouillante les décompose rapidement en mettant de l'oxyde manganique

en liberté. La dissolution de ce sel dans un excès de cyanure barytique se colore aussi en rouge sous l'influence de l'ébullition.

C. Friedel et A. Ladenburg. Sur quelques combinaisons du silicium et sur les analogies de cet élément avec le carbone. (*Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, tome 64, p. 359, 25 février 1867.)

M. Wöhler avait décrit, il y a quelques années, différents composés de silicium auxquels il n'avait pu attribuer de formules certaines et dont plus tard quelques chimistes s'étaient emparés pour combattre la formule SiO^2 proposée par M. Marignac pour l'acide silicique.

MM. Friedel et Ladenburg ont repris cette étude ; ils ont réussi à obtenir des produits purs, et leurs analyses sont des arguments de plus en faveur de l'opinion qui veut que l'acide silicique contienne deux atomes d'oxygène.

Le chlorure inflammable auquel M. Wöhler avait assigné la formule $Si^6Cl^{10}H^4$ (Si=14) est en réalité du chlorure de silicium dans lequel un atome d'hydrogène en remplace un de chlore ; il se représente donc par $SiCl^3H$ (Si=28). Il bout à 34° ; sa vapeur, mélangée avec de l'air, détone au contact d'un corps en ignition et donne une fumée blanche de silice. L'eau le décompose instantanément en fournissant un produit blanc qui lui-même se détruit lentement au contact de l'eau avec dégagement d'hydrogène et production de silice. A la température ordinaire, le chlore réagit sur lui et le transforme en $SiCl^4$. Inversement l'hydrogène attaque au rouge le chlorure de silicium et donne une petite quantité de chlorure inflammable.

Par l'action du chlorure inflammable $SiCl^3H$ sur l'alcool absolu, les auteurs ont obtenu un composé éthéré, bouillant à 134—137° ayant pour formule $SiC^6H^{16}O^3$. Ce corps est au chlorure inflammable ce qu'est le silicate d'éthyle au chlo-

rure de silicium. C'est un liquide limpide, d'une odeur agréable, rappelant celle de l'éther silicique, insoluble dans l'eau, mais décomposable à la longue par l'humidité. Il est plus inflammable que l'éther silicique, et il a la propriété de dégager de l'hydrogène lorsqu'on le mélange avec une solution alcoolique d'ammoniaque.

Lorsqu'on jette un fragment de sodium dans ce composé, on voit d'abord se produire un léger dégagement gazeux; quand cette première action a cessé, si l'on chauffe doucement, on obtient un dégagement régulier d'un gaz qui n'est autre chose que l'hydrogène silicé pur.

Hydrogène silicé. L'analyse de ce gaz a été faite en le mesurant dans une cloche sur le mercure et en y faisant passer une petite quantité d'une solution de potasse. Un dégagement d'hydrogène se produit aussitôt; au bout d'un certain temps le volume du gaz a quadruplé, et il ne reste dans l'éprouvette que de l'hydrogène. Il suit de là que l'hydrogène silicé a pour formule $SiH^4 = 2$ vol.

La production de l'hydrogène silicé est accompagnée de la formation de silicate d'éthyle seulement, tandis que le sodium demeure blanc et métallique; les auteurs ne savent pas encore comment s'expliquer ce fait.

L'hydrogène silicé n'est pas spontanément inflammable sous la pression ordinaire de l'atmosphère, mais il prend feu au contact d'une bulle d'air quand il est soumis à une pression diminuée. Ce gaz détone quand, au moment où il se dégage, on en approche une lame de couteau chauffée.

Oxyde de silicium. Nous venons de voir comment il se forme par l'action de l'eau à zéro sur le chlorure inflammable. Sa formule est $Si^2H^2O^3$ ($=Si^2O^2,H^2O$).

Dans l'opinion de M. Wöhler et des auteurs, la série des composés du silicium, dont il vient d'être question, peut être considérée comme étant constituée à la manière des composés organiques du carbone. MM. Friedel et Ladenburg rapprochent le chlorure $SiCl^3H$ du chloroforme CCl^3H, l'éther

$SiC^6H^{16}O^5$ de l'éther formique tribasique CH $(C^2H^5O)^3$, l'hydrogène silicé de l'hydrure de méthyle CH^4, et le corps $Si^2H^2O^3$ de l'anhydride formique $C^2H^2O^3$, si ce dernier existait. D'après cela, ils proposent la nomenclature suivante : silici-chloroforme, éther silici-formique tribasique, anhydride silici-formique, etc. M. D.

M. BERTHELOT. NOUVELLE MÉTHODE POUR LA SYNTHÈSE DE L'ACIDE OXALIQUE ET DES ACIDES HOMOLOGUES. (*Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, t. LXIV, p. 35, 7 janvier 1867.)

Entre l'acétylène C^4H^2 et l'acide oxalique $C^4H^2O^8$, toute la différence des formules consiste dans huit équivalents d'oxygène. L'auteur a réussi à effectuer la fixation de cet oxygène sur l'acétylène.

La synthèse de l'acide oxalique peut être ainsi effectuée par l'addition successive des trois éléments qui le constituent :

Carbone + hydrogène = acétylène.
Acétylène + oxygène = acide oxalique.

Il suffit de faire agir sur l'acétylène gazeux une solution aqueuse de permanganate de potasse pur, à la température ordinaire. On ajoute la solution peu à peu, en agitant continuellement et tant que la liqueur se décolore. Arrivé près du terme, on filtre pour séparer le bi-oxyde de manganèse. Le liquide renferme alors une grande quantité d'oxalate de potasse. En même temps prennent naissance de l'acide formique et de l'acide carbonique, lesquels peuvent être envisagés comme produits par la transformation d'une partie de l'acide oxalique à l'état naissant :

$$C^4H^2O^8 = C^2O^4 + C^2H^2O^4.$$

L'éthylène C^4H^4, soumis à l'action du permanganate de potasse donne naissance aux mêmes produits que l'acétylène, plus de l'eau.

$$C^4H^4 + O^{10} = C^4H^2O^8 + 2HO.$$

Quant à l'allylène, homologue de l'acétylène, il donne l'acide malonique correspondant à l'acide oxalique.

$$C^6H^4 + O^8 = \underbrace{C^6H^4O^8}_{\text{a. malonique}}.$$

Cette même fixation d'oxygène engendre en même temps de l'acide acétique et de l'acide carbonique, c'est-à-dire les produits du dédoublement de l'acide malonique :

$$C^6H^4O^8 = C^4H^4O^4 + C^2O^4.$$

Toutefois ces formations opérées avec l'allylène sont moins nettes que celle de l'acide oxalique avec l'acétylène, la plus grande partie de l'allylène éprouvant une attaque plus profonde, de laquelle résultent de l'acide oxalique et de l'acide formique, homologues inférieurs de l'acide malonique et de l'acide acétique.

L'amylène étant oxydé par le permanganate de potasse, fournit, indépendamment des acides volatils, la suite des acides fixes à partir de l'acide oxalique : le mélange de ces derniers est probablement formé par les acides pyrotartrique $C^{10}H^8O^8$, produit normal ; succinique $C^8H^6O^8$ et malonique $C^6H^4O^8$, produits dérivés.

Le styrolène, $C^{16}H^8$, oxydé par le permanganate de potasse, engendre l'acide benzoïque et l'acide carbonique.

$$C^{16}H^8 + O^{10} = C^{14}H^6O^4 + C^2O^4 + 2\,HO.$$

Quant à l'essence de térébenthine, à côté d'un acide résineux, soluble dans l'eau froide, et mieux dans l'eau chaude, elle fournit un corps neutre, volatil, dont l'odeur se confond, pour ainsi dire, avec celle du camphre, dont l'étude sera reprise par M. Berthelot. M. D.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

Félix Plateau. Observations sur l'argyronète aquatique[1]. Communiqué par l'auteur.

L'abbé De Lignac, prêtre de l'oratoire, découvrit l'argyro-

[1] *Bulletins de l'Académie royale de Belgique*, 2me série, tome XXIII, 1867, nº 2.

nète *(Argyroneta aquatica, Walck.)* dans les environs de la ville du Mans. Sans être réellement naturaliste, il observa les mœurs de cet animal si curieux sous tous les rapports, et publia en 1749 un opuscule sans nom d'auteur, intitulé : *Mémoire pour servir à commencer l'histoire des araignées aquatiques.* Un peu plus tard, Clerck reprit, en Suède, l'étude de l'argyronète et ajouta quelques faits intéressants à ceux signalés par De Lignac. Depuis lors, bien que ces deux observateurs fussent loin, en raison même de l'état de la science à leur époque, d'avoir mis en lumière toutes les particularités des mœurs de l'argyronète, et surtout d'avoir toujours donné de celles qu'ils ont décrites des explications satisfaisantes, l'animal, quoique commun dans le nord de l'Europe centrale, tomba dans une sorte d'oubli, et l'on se borna, même dans les ouvrages les plus récents, à répéter presque sans discussion ce qu'avaient dit De Lignac et Clerck.

M. Plateau a voulu pousser plus loin l'étude de cette espèce intéressante, observer le développement embryonnaire et éclaircir les points obscurs de la vie de l'animal parfait. Le développement embryonnaire, quoique calqué en grande partie sur celui des autres aranéides, lui a offert cependant les particularités suivantes : la vésicule germinative, au lieu de ne contenir qu'une seule tache au noyau, en renferme plusieurs, quelquefois jusqu'à dix, groupées d'une manière variable : c'est une exception que Wagner avait déjà signalée chez les genres *Epeira*, *Clubiona* et *Salticus*. Le corps énigmatique obscur, observé par beaucoup d'auteurs à côté de la vésicule germinative dans les œufs des *Tegeneria*, *Lycosa*, *Salticus* et *Thomisus*, manque dans ceux de l'argyronète. Après la disparition de la vésicule germinative, qui a lieu très-tôt, l'apparition du disque proligère est accompagnée de gouttelettes huileuses identiques à celles qui ont été vues par Kölliker chez la *Lycosa saccata*.

Les œufs pondus ne sont pas sphériques comme chez la plupart des arachnides, mais légèrement ovoïdes, sans atteindre toutefois la forme allongée de ceux des Oribates et des

Scorpionides. Le développement de l'embryon y suit la marche généralement connue; M. Plateau croit cependant devoir insister quelque peu sur le développement des membres, à cause des divergences d'opinions qui existent à cet égard chez les auteurs qui ont étudié d'autres espèces. A chacune des extrémités latérales des cinq saillies transverses qui existent à la surface de la lame ventrale de l'embryon, apparaît un point obscur qui s'accroît rapidement, prend d'abord la forme d'une excroissance hémisphérique, puis d'un tube qui, s'allongeant de plus en plus, pénètre dans la zone remplie par l'albumen, et seulement alors se recourbe vers la lame ventrale: les extrémités libres de ces appendices, qui sont les rudiments des pattes et des palpes, finissent ainsi par se croiser sur la ligne médiane. Ce ne sont donc pas, comme on l'a prétendu quelquefois, les saillies transversales qui produisent les membres en se scindant par le milieu, mais ceux-ci, chez les aranéides, semblent bien avoir une origine indépendante.

Après la naissance, les pattes sont pendant un certain temps privées d'articulations visibles, et même après l'apparition de celles-ci les crochets des larves font défaut pendant plusieurs semaines, enfin la jeune argyronète en sortant de l'œuf est entièrement dénuée de poils. Pour ne pas donner trop de longueur à ce résumé, nous aborderons la seconde partie du travail, où M. Plateau s'occupe de l'argyronète adulte. Le nid où l'argyronète dépose ses œufs est connu depuis longtemps, mais M. Plateau s'est assuré que l'animal se construit un autre genre de demeure dans laquelle il se tient habituellement en dehors de l'époque de la reproduction: c'est une loge sphérique ou ovoïde, à parois minces, presque transparentes, n'offrant qu'une petite ouverture vers le bas: au lieu d'être située à la surface de l'eau, comme le nid, elle est, au contraire, placée à une assez grande profondeur et cachée par des amas d'algues ou de conferves dans lesquelles l'animal se creuse un petit canal horizontal cylindrique, faisant communiquer l'intérieur de la loge avec l'eau environ-

nante. C'est, du moins, ce que font les argyronètes captives dans un vase de verre.

Suivant les auteurs, l'aranéide bâtirait d'abord sa cloche en entier et la remplirait d'air ensuite. D'après les observations de M. Plateau, il n'en est pas du tout ainsi; voici ce qu'il a vu quant à la demeure submergée, deux des argyronètes qu'il tenait en captivité ayant commencé, par hasard, leurs loges entre les plantes aquatiques et la paroi de verre du local : les premières phases de la construction sont difficiles à observer; on peut cependant conclure de l'espèce de traction que subissent les algues et les conferves que l'animal commence par fixer à ces végétaux un nombre relativement restreint de fils disposés de manière à s'entre-croiser à peu près en un même point. A cause de la ténuité de ces fils et de leur immersion dans l'eau, ce réseau est d'abord invisible, mais il se révèle bientôt de la manière suivante : l'argyronète va chercher à la surface de l'eau une certaine quantité d'air qu'elle abandonne sous le réseau dont nous venons de parler; en vertu de sa légèreté spécifique, l'air monte sous forme de bulle et, rencontrant les fils, y adhère en les refoulant vers le haut et leur donnant la forme d'un petit dôme. Dès cet instant, l'arrêt de la bulle d'air, l'augmentation dans la traction que subissent les algues, et enfin d'autres fils que l'argyronète ajoute successivement aux mailles qui entourent la bulle, ne laissent plus de doutes sur l'existence du réseau que l'on aperçoit même bientôt après. De nouvelles quantités d'air apportées et de nouveaux fils en grand nombre ajoutés aux précédents par l'animal, donnent petit à petit à la loge la forme et la solidité définitive.

M. Plateau n'a pas été assez heureux pour voir construire le nid supérieur, mais il croit pouvoir admettre que l'argyronète s'y prend comme dans le premier cas, avec cette différence qu'elle établit ses fils peu au-dessous de la surface de l'eau, et qu'elle donne aux parois une épaisseur beaucoup plus grande. Quand l'air que l'animal y accumule s'y trouve

en quantité suffisante, il fait monter le fond du nid à quelques millimètres au-dessus de la surface, les plantes aquatiques qui servent de points d'attache cédant plus ou moins à la traction des fils.

Ce qui a attiré de prime abord l'attention des anciens observateurs sur l'argyronète, c'est la couche d'air brillante qui revêt constamment son abdomen et quelques autres parties de son corps lorsqu'elle est sous l'eau. De Lignac et plus tard Latreille, s'efforçant d'expliquer l'adhérence de cette enveloppe gazeuse, adhérence considérable, puisqu'elle résiste aux mouvements rapides de l'animal, admettaient qu'une graisse ou un vernis secrété par l'arachnide recouvre les portions de son corps destinées à recevoir la couche d'air. Quelques expériences ayant permis à M. Plateau de démontrer qu'il n'existe ni graisse, ni vernis à la surface du corps de l'argyronète, l'auteur a cherché la cause du phénomène dans les poils courts et fins dont l'animal est revêtu. M. le professeur Duprez a montré dans un travail du plus haut intérêt, publié sous le titre : *Mémoire sur un cas particulier de l'équilibre des liquides* (Mémoires de l'Académie royale de Belgique, tomes XXVI et XXVIII), que la surface de contact entre l'air et un liquide présente une stabilité extrêmement grande, lorsque l'étendue de cette surface est suffisamment petite ; d'autre part, M. Plateau s'est assuré, par des expériences détaillées dans son mémoire, que les poils de l'argyronète se mouillent facilement. Les observations lui ont montré de plus que ces poils s'enchevêtrent par groupes en petits faisceaux voisins les uns des autres, et qui font saillie, chez l'animal vivant, au-dessus de la couche d'air générale. Ces faisceaux, renfermant eux-mêmes de l'air qui fait continuité avec cette couche, constituent autant de points d'adhérence pour l'eau environnante, ces points subdivisent en quelque sorte la surface de l'enveloppe gazeuse en parties de faible étendue et lui donnent ainsi de la stabilité.

Un grand nombre d'expériences ont montré à l'auteur de

ce travail que les surfaces poilues quelconques, fragments de peaux de mammifères, ouate, velours, etc., sont recouvertes lors de leur immersion dans l'eau d'une couche d'air plus ou moins épaisse qui reste permanente toutes les fois qu'elle est divisée en portions assez petites par des points d'adhérence convenables, et qui se détache, au contraire, bientôt sous forme de bulles, quand cette condition n'existe pas ou n'existe que d'une façon insuffisante. L'exposé de ces expériences ne pouvant prendre place dans un résumé de la nature de celui-ci, nous terminerons par le procédé que M. Plateau a vu employer par l'argyronète lorsqu'elle veut apporter de la surface une masse d'air supplémentaire destinée, soit à la construction de sa demeure, soit au renouvellement de l'atmosphère de celle-ci.

Disons d'abord que, si l'on examine une argyronète à la loupe, on s'assure facilement que ses cuisses postérieures sont garnies de poils fournis. Si maintenant on surprend un de ces animaux qui va chercher, comme nous le disions tout à l'heure, une masse d'air supplémentaire, on constate qu'au moment où l'argyronète va quitter la surface de l'eau, elle écarte assez fortement ses cuisses postérieures, et que, lorsqu'elle plonge, une masse gazeuse relativement considérable unit, de chaque côté de l'abdomen, la couche d'air ordinaire à la face interne des cuisses. En nageant pour regagner sa demeure, l'animal ne fait de mouvements qu'avec ses trois paires de membres antérieurs. Quant à ce qui se passe ensuite dans la loge ou dans le nid, l'auteur n'a pas pu s'en assurer, mais on est en droit de supposer que l'arachnide rapproche ses cuisses de son corps, et chasse ainsi les portions de gaz dont nous avons parlé. En tout cas, lorsque l'argyronète quitte de nouveau sa loge ou son nid, ses membres postérieures ont une position normale, et la quantité d'air logée entre ceux-ci et l'abdomen est presque nulle.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE MARS 1867.

Le 1er, forte bise tout le jour.
2, id.
3, bise, mais moins forte, belle lumière zodiacale dans la soirée.
4, id.
6, forte bise le matin.
7, neige dans la soirée, hauteur 17mm; cette neige a disparu le lendemain matin.
10, brouillard le matin.
12, de 11 ½ à 1 h. on voit l'arc tangent supérieur au halo ordinaire.
13, couronne lunaire dans la soirée.
15, id.
16, id.
18, id.
19, brouillard le matin jusqu'à 11 h.
21, couronne lunaire et halo lunaire dans la soirée.
23, forte rosée le matin, faible halo solaire dans l'après-midi, lumière zodiacale le soir.
24, rosée le matin.
25, faible halo solaire l'après-midi.
27, brouillard le matin jusqu'à 9 h.
29, forte rosée le matin.
30, il a neigé sur les montagnes jusqu'à la hauteur du Grand Salève ; à 1 heure après midi grésil.
31, la neige blanchit le sol jusqu'au pied des montagnes, et dans la plaine même, la pluie était mêlée de quelques flocons de neige.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.

	mm
Le 3 à 8 h. matin...	733,81
9 à 10 h. matin ..	718,01
12 à 6 h. matin...	720,74
13 à 10 h. matin...	722,24
14 à 10 h. soir.....	721,06
17 à 10 h. matin...	721,91
23 à 8 h. matin...	727,67
25 à 8 h. matin..	728,30

MINIMUM.

	mm
Le 6 à 6 h. soir	712,39
9 à 6 h. soir. . ..	715,02
12 à $4\frac{1}{2}$ h. soir...	716,59
14 à 6 h. matin...	718,24
15 à 4 h. soir.....	717,30
19 à 5 h. soir.....	710,31
24 à $7\frac{1}{2}$ h. matin .	722,29
27 à 3 h. après-m..	714,13

GENÈVE. — MARS 1867.

Jours du mois.	Baromètre.		Température C.				Tension de la vap.		Fract. de saturation en millièmes.				Pluie ou neige		Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône		Limnimètre à 11 h.
	Hauteur moy. des 24 h.	Écart avec la hauteur normale	Moyenne des 24 heures	Écart avec la temp. normale.	Minim.	Maxim.	Moy. des 24 h.	Écart avec la tension normale.	Moy. des 24 h.	Écart avec la fraction norm.	Minim.	Maxim.	Eau tomb. d. les 24 h.	Nomb. d'h.			Midi.	Écart avec la temp. normale.	
	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim.					mm.				0		cm
1	728,95	+ 3,15	— 0,67	—3,50	— 2,0	+ 1,1	3,38	—0,92	784	0	680	950	...	..	N. 3	0,59	5,8	+ 0,5	122
2	730,98	+ 5,24	— 2,75	—5,70	— 3,6	— 0,6	2,91	—1,40	790	+ 8	670	840	...	..	NNE. 3	0,72	4,7	— 0,6	121
3	732,84	+ 7,15	— 2,47	—5,53	— 4,1	— 0,3	2,91	—1,40	767	— 13	710	860	...	..	N. 2	0,49	...	.....	119
4	729,75	+ 4,12	— 1,46	—4,64	— 2,7	+ 0,1	3,28	—1,04	807	+ 30	770	820	...	..	NNE. 2	0,94	5,3	— 0,1	117
5	722,91	— 2,67	— 0,76	—4,06	— 2,5	+ 1,9	3,64	—0,69	843	+ 68	750	870	...	..	NNE. 1	0,90	5,6	+ 0,1	116
6	713,39	—12,13	+ 0,37	—3,05	— 1,2	+ 3,4	3,35	—0,99	731	— 41	520	840	...	..	N. 2	0,76	5,4	— 0,1	113
7	713,90	—11,57	— 0,14	—3,68	— 1,3	+ 2,9	3,86	—0,49	862	+ 93	670	930	0,7	4	SO. 1	0,99	5,8	+ 0,2	112
8	713,98	—11,43	+ 0,51	—3,15	— 2,4	+ 3,6	4,56	+0,20	942	+175	700	1000	23,4	13	SO. 1	0,88	5,7	+ 0,1	110
9	716,58	— 8,78	+ 6,66	+2,88	+ 3,0	+11,7	6,93	+2,56	932	+168	770	1000	9,5	10	NNO. 1	0,90	5,9	+ 0,2	110
10	716,52	— 8,78	+ 8,74	+4,84	+ 6,2	+12,4	7,97	+3,59	940	+178	830	1000	13,5	12	variable	0,82	...	.....	110
11	718,09	— 7,16	+10,90	+6,88	+ 7,3	+14,9	7,36	+2,97	758	— 2	650	990	2,2	4	variable	0,84	6,5	+ 0,7	110
12	718,78	— 6,42	+ 8,92	+4,77	+ 6,1	+15,0	7,58	+3,17	890	+133	630	1000	13,5	6	variable	0,79	6,7	+ 0,9	111
13	721,12	— 4,03	+ 7,43	+3,15	+ 6,1	+10,6	7,69	+3,27	996	+241	920	1000	9,8	12	N. 1	0,98	6,6	+ 0,7	114
14	719,57	— 5,53	+ 8,53	+4,13	+ 5,4	+12,9	7,08	+2,64	859	+106	640	1000	14,7	18	SSO. 2	0,99	6,6	+ 0,7	117
15	719,41	— 5,94	+10,77	+6,24	+ 7,5	+15,0	5,78	+1,33	609	—142	410	740	...	..	SO. 1	0,63	6,9	+ 0,9	120
16	720,39	— 4,61	+ 8,02	+3,36	+ 6,4	+10,1	7,16	+2,69	898	+149	810	1000	6,2	10	SSO. 1	0,97	6,8	+ 0,7	123
17	720,79	— 4,16	+ 3,17	—1,61	+ 0,9	+ 9,3	4,83	+0,34	857	+110	750	990	0,9	2	NNE. 2	1,00	...	.....	125
18	716,25	— 8,65	+ 2,71	—2,20	+ 1,0	+ 6,0	5,20	+0,69	929	+184	860	960	3,0	4	variable	0,82	6,3	+ 0,1	128
19	712,74	—12,11	+ 6,19	+1,15	+ 2,4	+10,2	6,53	+2,00	910	+167	810	1000	10,2	4	S. 1	1,00	6,4	+ 0,1	130
20	713,02	—11,79	+ 7,24	+2,07	+ 1,8	+10,7	6,22	+1,67	800	+ 59	680	960	...	..	N. 1	0,43	6,9	+ 0,6	134
21	718,98	— 5,79	+ 9,02	+3,72	+ 7,8	+14,0	6,54	+1,97	769	+ 30	560	910	...	..	SSO. 1	0,73	6,9	+ 0,5	137
22	723,85	— 0,88	+ 7,61	+2,18	+ 2,8	+13,0	6,17	+1,57	780	+ 43	610	920	0,2	1	SSO. 1	0,83	6,8	+ 0,4	136
23	726,33	+ 1,64	+ 8,15	+2,59	+ 1,8	+15,1	5,76	+1,14	730	— 5	440	990	...	..	N. 1	0,26	7,4	+ 0,9	134
24	724,87	+ 0,22	+ 8,91	+3,22	+ 5,2	+11,7	6,86	+2,21	801	+ 67	710	940	4,8	5	SSO. 1	0,97	...	.....	135
25	727,15	+ 2,54	+ 8,85	+3,03	+ 4,7	+13,8	6,98	+2,30	801	+ 69	640	980	...	..	N. 1	0,39	7,8	+ 1,2	136
26	722,17	— 2,40	+10,99	+5,03	+ 7,9	+16,5	7,78	+3,07	794	+ 64	530	980	6,1	8	SSO. 1	1,00	7,6	+ 0,9	135
27	715,72	— 8,81	+ 7,67	+1,58	+ 5,7	+10,1	7,91	+3,17	993	+264	970	1000	30,1	16	N. 1	1,00	7,7	+ 1,0	136
28	714,85	— 9,65	+ 7,85	+1,62	+ 5,0	+12,8	6,58	+1,81	841	+114	690	980	3,9	5	N. 1	0,86	7,0	+ 0,2	138
29	716,77	— 7,70	+ 7,50	+1,14	+ 4,0	+13,0	6,72	+1,92	866	+140	640	970	0,3	1	variable	0,87	7,1	+ 0,2	143
30	724,63	+ 0,19	+ 6,87	+0,38	+ 4,2	+11,0	5,07	+0,24	697	— 28	510	850	0,9	2	variable	0,85	7,6	+ 0,7	141
31	726,36	+ 1,95	+ 3,60	—3,03	+ 1,1	+ 6,9	4,40	—0,47	758	+ 34	570	890	3,0	3	NNE. 2	0,76	...	.....	142

MOYENNES DU MOIS DE MARS 1867.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	722,07	722,50	722,56	722,16	721,77	721,36	721,42	721,76	721,78
2 «	718,02	718,47	718,68	718,28	717,70	717,28	717,48	717,67	717,64
3 «	721,52	721,84	722,16	722,10	721,82	721,99	722,38	722,89	723,20
Mois	720,57	720,97	721,16	720,89	720,47	720,27	720,49	720,84	720,95
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	— 0,41	— 0,11	+ 0,82	+ 1,70	+ 2,29	+ 2,55	+ 1,88	+ 1,52	+ 0,98
2e «	+ 5,55	+ 6,10	+ 7,78	+ 9,47	+ 9,71	+ 9,83	+ 8,62	+ 7,44	+ 6,86
3e «	+ 5,48	+ 6,89	+ 9,03	+10,68	+11,06	+ 9,80	+ 8,88	+ 7,74	+ 6,76
Mois	+ 3,60	+ 4,38	+ 5,98	+ 7,39	+ 7,80	+ 7,48	+ 6,54	+ 5,63	+ 4,93
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	3,93	4,06	4,18	4,34	4,43	4,68	4,47	4,50	4,38
2e «	6,21	6,41	6,67	6,83	6,81	6,58	6,72	6,51	6,60
3e «	6,24	6,60	6,85	6,62	6,48	6,48	6,26	6,34	6,50
Mois	5,49	5,72	5,93	5,95	5,93	5,93	5,83	5,80	5,85
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	852	846	810	784	775	812	818	838	843
2e «	909	906	844	774	765	733	806	851	886
3e «	907	870	797	694	663	713	733	796	872
Mois	890	874	816	749	732	751	784	827	867

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	— 1,06	+ 3,62	0,80	5,52	47,1	115,0
2e «	+ 4,49	+11,47	0,85	6,63	60,5	121,2
3e «	+ 4,56	+12,54	0,77	7,32	49,3	137,5
Mois	+ 2,73	+ 9,32	0,81	6,53	156,9	125,0

Dans ce mois, l'air a été calme 2 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,62 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 17,9 O. et son intensité est égale à 38,7 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE MARS 1867.

Le 1er,	brouillard	à peu près toute la journée.
2,	id.	de 10 heures à 2 heures.
5,	id.	à 6 heures et à 10 heures du soir.
6,	id.	à 6 heures du matin et à 8 heures du soir.
7,	id.	toute la journée.
8,	id.	une grande partie de la journée.
11,	id.	à midi et à 8 heures du soir.
16,	id.	à 8 heures du matin.
18,	id.	depuis 8 heures du soir.
19,	id.	toute la journée.
21,	id.	la plus grande partie de la journée.
24,	id.	le matin jusqu'à midi.
26,	id.	depuis 8 heures du matin à 2 heures du soir.
27,	id.	à 6 heures du matin et à 2 heures du soir.
28,	id.	jusqu'à 10 heures du matin.
29,	id.	jusqu'à 8 heures du matin.
30,	id.	à 6 heures du matin, à midi et à 10 heures du soir.
31,	id.	à 2 heures du soir.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 3 à 10 h. matin...	564,93	Le 7 à 6 h. matin...	546,37
9 à 8 h. soir....	557,37	10 à 2 h. après-m.	555,73
12 à 8 h. matin...	558,95	12 à 10 h. soir....	555,83
13 à 2 h. après-m.	559,08	14 à 6 h. matin...	555,89
14 à 10 h. soir....	558,61	15 à 4 h. soir....	556,54
16 à 10 h. soir....	558,13	19 à 10 h. soir....	552,05
23 à 8 h. soir....	565,30	24 à 4 h. soir...	563,13
25 à 10 h. soir....	565,73	28 à 6 h. matin..	551,44

SAINT-BERNARD. — MARS 1867.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum*	Température C. Maximum*	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim.			
1	558,53	— 1,24	558,13	559,21	—13,64	— 5,19	—16,9	— 9,9	.....	.....	......	NF. 1	0,98
2	560,25	+ 0,48	558,81	562,00	—16,30	— 7,91	—17,5	—13,8	.....	.....	......	SO. 1	0,87
3	563,92	+ 4,15	563,29	564,93	—10,38	— 2,06	—14,7	— 7,4	.....	.....	......	NE. 1	0,92
4	562,54	+ 2,78	562,07	562,98	— 8,02	+ 0,24	— 9,9	— 4,8	.....	.....	......	SO. 1	0,10
5	555,26	— 4,50	550,89	559,06	— 8,72	— 0,52	—11,7	— 5,3	.....	.....	......	NE. 1	0,26
6	546,92	—12,84	546,48	547,43	—12,96	— 4,83	—15,4	— 9,5	.....	.....	......	NF. 1	0,64
7	549,87	— 9,89	546,37	553,01	—12,53	— 4,47	—13,3	—10,6	.....	.....	......	SO. 1	1,00
8	554,45	— 5,31	552,73	555,31	— 7,36	+ 0,63	— 8,2	— 5,7	170	13,3	15	SO. 1	1,00
9	556,93	— 2,84	556,36	557,37	— 1,98	+ 5,94	— 4,0	+ 0,8	90	5,3	10	NE. 1	0,93
10	556,19	— 3,58	555,73	556,68	— 2,11	+ 5,74	— 4,3	— 0,3	100	9,8	7	NE. 1	0,74
11	557,12	— 2,65	556,25	557,70	— 1,76	+ 6,01	— 3,4	+ 3,0	80	10,1	8	NE. 1	0,67
12	557,27	— 2,51	555,83	558,95	— 1,69	+ 6,00	— 5,2	+ 3,4	120	7,8	18	NE. 1	0,58
13	558,31	— 1,48	556,95	559,08	— 1,65	+ 5,96	— 3,7	+ 4,4	320	22,6	15	NE. 1	0,81
14	557,33	— 2,47	555,89	558,61	— 4,26	+ 3,27	— 5,6	— 1,4	150	12,6	13	NE. 1	1,00
15	557,17	— 2,64	556,54	558,16	— 3,95	+ 3,50	— 7,9	+ 0,6	120	7,8	4	SO. 1	0,42
16	557,46	— 2,36	556,75	558,13	— 4,13	+ 3,23	— 6,2	— 1,3	40	7,4	12	NE. 1	1,00
17	557,21	— 2,62	556,91	557,81	— 0,99	+ 6,28	— 4,5	+ 3,1	40	2,0	5	NE. 1	0,77
18	556,43	— 3,42	555,95	557,12	— 2,97	+ 4,21	— 4,2	+ 0,3	40	5,3	10	NE. 1	0,99
19	554,22	— 5,64	552,05	556,31	— 3,89	+ 3,20	— 4,2	— 2,6	.....	.....	......	NE. 2	1,00
20	553,44	— 6,44	551,44	554,99	— 5,18	+ 1,82	— 8,1	— 2,1	.....	.....	......	NE. 1	0,32
21	556,64	— 3,26	555,18	558,30	— 4,13	+ 2,78	— 6,9	0,0	.....	.....	......	NE. 1	0,89
22	569,90	+ 0,98	558,68	562,86	— 1,87	+ 4,94	— 5,8	+ 5,1	.....	.....	......	NE. 1	0,13
23	564,73	+ 4,78	563,83	565,30	— 1,86	+ 4,85	— 5,0	+ 1,8	.....	.....	......	variable	0,09
24	563,50	+ 3,53	563,13	564,11	— 3,81	+ 2,80	— 4,3	— 2,1	80	7,3	5	SO. 1	0,91
25	564,89	+ 4,89	564,19	565,73	— 3,47	+ 3,04	— 6,3	0,0	.....	.....	......	NE. 1	0,21
26	562,47	+ 2,44	561,39	563,69	— 2,56	+ 3,85	— 3,4	0,0	40	5,8	7	SO. 1	1,00
27	556,24	— 3,82	553,58	559,34	— 3,23	+ 3,08	— 4,1	— 1,6	170	20,2	22	SO. 2	1,00
28	552,93	— 7,16	551,44	553,60	— 4,30	+ 1,90	— 6,2	— 1,0	.....	.....	......	NE. 1	0,77
29	554,95	— 5,17	552,69	557,10	— 3,72	+ 2,37	— 5,9	— 0,3	90	11,8	13	NE. 1	1,00
30	558,99	— 1,16	557,57	559,97	— 6,86	— 0,88	— 8,9	— 3,6	40	5,4	9	NE. 1	1,00
31	558,23	— 1,96	557,01	560,11	—10,21	— 4,34	—13,5	— 3,5	.....	.....	......	NE. 3	1,00

* Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 heures du matin à 10 heures du soir, le thermométrographe étant hors de service.

MOYENNES DU MOIS DE MARS 1867.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	556,23	556,72	556,78	556,52	556,38	556,37	556,45	556,71	556,63
2e «	556,31	556,73	557,01	556,73	556,69	556,52	556,49	556,62	556,65
3e «	558,94	559,39	559,58	559,46	559,36	559,34	559,63	560,01	560,17
Mois	557,22	557,67	557,85	557,63	557,54	557,47	557,59	557,85	557,90
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	—10,32	— 9,92	— 8,65	— 7,36	— 7,07	— 7,70	— 9,21	— 9,61	—10,10
2e «	— 5,17	— 3,75	— 1,62	— 0,45	+ 0,08	— 1,28	— 2,99	— 3,69	— 3,89
3e «	— 5,41	— 3,87	— 2,50	— 1,81	— 1,50	— 2,42	— 4,53	— 5,28	— 5,68
Mois	— 6,92	— 5,78	— 4,20	— 3,16	— 2,79	— 3,75	— 5,54	— 6,16	— 6,53

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	—11,59	— 6,65	0,74	28,9	360
2e «	— 5,30	+ 0,74	0,76	75,6	910
3e «	— 6,39	— 0,47	0,73	50,5	420
Mois	— 7,72	— 2,07	0,74	155.0	1690

Dans ce mois, l'air a été calme 14 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE à ceux du SO. a été celui de 1,80 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E. et son intensité est égale à 26,5 sur 100.

* Voir la note du tableau.

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME XXVIII (NOUVELLE PÉRIODE)

1867. — N°s 109 à 112.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

CHIMIE.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

BOTANIQUE.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

faites à Genève et au Grand Saint-Bernard


8

